COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 FÉVRIER 1896,

PRÉSIDENCE DE M. A. CORNU.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation et propriétés du carbure de cérium.* Note de M. Henri Moissan.

« Nos recherches sur les carbures alcalino-terreux nous ont conduit à étudier les combinaisons du carbone avec les métaux de la cérite. Nous devons rappeler que M. Otto Petterson, dans un Mémoire ayant pour titre : *Contributions à la Chimie des éléments des terres rares* (1), a préparé, en appliquant notre méthode du four électrique, les carbures de lanthane, yttrium, erbium et holmium. M. Petterson n'a donné à ce sujet aucune analyse des carbures d'hydrogène produits en présence de l'eau. C'est, au contraire, sur ce point que nos expériences ont été particulièrement dirigées.

(1) Petterson, *Supplément des Comptes rendus de l'Académie royale suédoise*; t. II, 2e série, n° 1; 1895.

» *Préparation du carbure de cérium.* — Le bioxyde de cérium pur CeO^2 [1], de couleur blanche, est intimement mélangé avec du charbon de sucre dans les proportions suivantes :

Charbon de sucre	48
Bioxyde de cérium	192

Elles correspondent à l'équation

$$CeO^2 + 4C = C^2Ce + 2CO.$$

» La réduction se fait au four électrique à une température relativement basse. L'oxyde fond tout d'abord; il se produit ensuite un bouillonnement dû au dégagement d'oxyde de carbone. On arrête la chauffe, lorsque la matière est en fusion tranquille. Cette préparation s'effectue dans un tube de charbon fermé à l'une de ses extrémités. Avec un courant de 300 ampères et 60 volts, la réduction complète de 100^{gr} d'oxyde de cérium exige huit à dix minutes. Elle se produit en trois minutes avec 600^{gr} de matière lorsque l'on dispose d'un courant de 900 ampères et 50 volts.

» Nous avons eu l'occasion, dans ces recherches, de préparer plus de 4^{kg} de carbure de cérium.

» *Propriétés.* — Le carbure de cérium se présente sous forme d'un culot homogène à cassure cristalline. Abandonné à l'air, il se délite facilement, en se recouvrant d'une poudre de couleur chamois; en même temps, il dégage une odeur alliacée caractéristique rappelant celle de l'allylène.

» Examiné au microscope dans la benzine, le carbure, finement pulvérisé, présente des fragments cristallins, parmi lesquels se rencontrent des parties d'hexagone bien nettes, transparentes, d'un jaune rougeâtre. Quand ils ne renferment pas de graphite, ces petits cristaux sont tout à fait transparents. La densité du carbure de cérium prise dans la benzine est de 5,23.

---

(1) Pour préparer ce bioxyde, on est parti de la cérite qui a été attaquée par l'acide sulfurique. Les sulfates obtenus ont été transformés en oxalates, et enfin ces oxalates ont été amenés à l'état de nitrates. En appliquant à ces nitrates la méthode de Debray ou plutôt en fondant ces nitrates dans un bain de nitrate double de potassium et de sodium fusible à plus basse température d'après M. Étard, on a pu précipiter le cérium sous forme d'oxyde cérique empâté de nitrate basique, de lanthane et de didyme. En reprenant les nitrates par l'acide sulfurique étendu, il reste un oxyde de cérium jaune pâle, sur lequel on répète trois ou quatre fois le même traitement pour l'amener à un état de pureté suffisant.

» Le fluor n'attaque pas ce carbure à froid, mais, par une légère élévation de température, il se produit une vive incandescence, et il se dégage un fluorure blanc volatil.

» Le chlore attaque ce composé vers 230°; il se produit du chlorure de cérium qui empâte le graphite.

» Le brome et l'iode réagissent de même avec incandescence, mais à des températures plus élevées.

» Dans l'oxygène, le carbure de cérium brûle avec éclat au rouge, en produisant un résidu cristallin d'oxyde et en dégageant de l'acide carbonique. La réaction est complète; elle nous a permis de doser le métal et le carbone total. La vapeur de soufre fournit également, avec incandescence, un sulfure de cérium qui, au contact des acides, dégage de l'hydrogène sulfuré. Le sélénium réagit de même au-dessous du rouge sombre.

» L'azote et le phosphore sont sans action sur le cérium à la température de ramollissement du verre.

» Le carbone se dissout dans le carbure de cérium en fusion et cristallise dans la masse sous forme de graphite.

» L'acide chlorhydrique gazeux attaque le carbure de cérium à 650° avec incandescence. Il se produit du chlorure mélangé à un résidu volumineux de charbon; en même temps, il se dégage de l'hydrogène.

» L'acide iodhydrique fournit au rouge sombre un iodure dans les mêmes conditions.

» Au rouge, l'hydrogène sulfuré fournit un mélange de graphite et de sulfure de cérium. A la température de 600°, l'ammoniaque n'a pas produit d'azoture.

» Les oxydants agissent énergiquement sur ce composé. Le chlorate et le permanganate de potassium l'attaquent avec incandescence aussitôt qu'ils sont fondus.

» La décomposition est moins vive avec l'azotate de potassium.

» La potasse fondue et le carbonate de potassium en fusion décomposent le carbure de cérium avec un grand dégagement de chaleur, production d'hydrogène et d'oxyde d'un blanc jaunâtre.

» L'acide sulfurique concentré n'agit pas à froid et, à chaud, il produit un dégagement d'acide sulfureux. L'acide azotique fumant n'a pas d'action et l'acide étendu agit surtout par l'eau qu'il contient.

» La réaction la plus caractéristique du carbure de cérium est celle qu'il fournit au contact de l'eau. En laissant tomber quelques gouttes

d'eau sur un fragment de carbure, la température est assez élevée pour qu'il y ait vaporisation du liquide. En présence d'un excès d'eau, la réaction, violente au début, ne tarde pas à se calmer et ne se termine qu'après dix à douze heures.

» Le carbure de cérium produit, par sa décomposition, un hydrate de cérium blanc, qui, au contact de l'air, prend une coloration lie de vin.

» Les gaz qui se dégagent sont formés surtout d'acétylène et de méthane. Ils nous ont donné, à l'analyse, les chiffres suivants :

	1.	2.	3.	4.	5.
Acétylène......	75,00	75,50	76,69	76,42	75,64
Éthylène......	3,52	4,23	»	»	»
Méthane.......	21,48	20,27	»	»	»

» Ces chiffres ont été obtenus avec des carbures bien exempts de calcium, et traités par un excès d'eau à la température ordinaire.

» Cette décomposition, assez constante en acétylène et en méthane, nous avait amené à penser que nous pouvions nous trouver en présence de deux corps simples voisins qui donneraient, sous forme de carbure gazeux, pour le premier, de l'acétylène, et, pour le second, du méthane. C'est ce qui se produirait, par exemple, pour un mélange d'alumine et de chaux amené à l'état de carbure.

» En partant de cette idée, nous avons alors essayé de fractionner le carbure de cérium en l'attaquant par l'eau, par des acides minéraux très étendus, ou par des acides organiques dans des conditions différentes. Sur ce point, tous nos essais ont été infructueux.

» L'action de la température élevée du four électrique agissant sur le carbure de cérium, de façon à produire une distillation partielle, qui pouvait nous enrichir de l'un des carbures, les produits de tête ou de queue, ne nous a pas fourni de meilleurs résultats ([1]).

» De ces différentes recherches, nous avons tiré les conclusions suivantes :

» Lorsque l'on décompose le carbure de cérium par de l'eau glacée, la

---

([1]) Il ne faut pas oublier que dans les expériences de longue durée faites avec notre four électrique, le cérium peut prendre une petite quantité de carbure de calcium. On doit toujours s'assurer si le carbure de cérium ainsi traité ne renferme pas de calcium.

proportion des différents carbures gazeux varie d'une façon bien nette. Elle ressort des chiffres suivants :

	1.	2.	3.
Acétylène	78,47	79,7	80,0
Éthylène	2,63	»	»
Méthane	18,90	»	»

» Si l'on décompose le carbure de cérium, non plus par l'eau, mais par des acides étendus, la proportion de l'acétylène va encore varier. Un carbure de cérium qui, en présence d'un excès d'eau pure à la température ordinaire, donne un mélange gazeux renfermant 71 pour 100 d'acétylène n'en donnera plus que 65,8 pour 100 en présence d'acide chlorhydrique étendu, et 83 pour 100 au contact d'acide azotique.

» Bien plus, si l'on examine le résidu de la décomposition par l'eau du carbure de cérium, si l'on épuise ce liquide par l'éther, on retrouve sous forme de carbure 3 à 4 pour 100 du carbone combiné. On obtient ainsi un mélange de carbures liquides saturés et non saturés.

» La décomposition du carbure de cérium par l'eau est donc aussi complexe que celle du carbure d'uranium dont nous avons parlé précédemment, mais elle s'effectue sans dégagement d'hydrogène. Elle est due aux réactions secondaires qui se produiront différemment suivant le milieu et la température.

» *Analyse.* — Le cérium a été dosé à l'état d'oxyde CeO^2, par calcination du sulfate, du nitrate ou par combustion directe du carbure dans l'oxygène. Les chiffres présentent peu de différence, quelle que soit la méthode employée; ils ont toujours été un peu plus forts que la valeur indiquée par la théorie, ce qui tient vraisemblablement au poids atomique 141 que nous avons employé.

» D'après les différents auteurs qui ont étudié le cérium et d'après M. Schützenberger, l'oxyde CeO^2 n'aurait pas toujours une composition constante.

» Le carbone total a été dosé par combustion directe dans l'oxygène et pesé sous forme d'acide carbonique.

» Les échantillons renfermant du graphite ont été attaqués par l'acide azotique, et la teneur en graphite a été déterminée par la pesée de l'acide carbonique après combustion dans l'oxygène.

» La formule C^2Ce exige théoriquement en prenant pour poids atomique du cérium 139,8 (Schützenberger :

	Pour 100.
Ce	85,27
C	14,73

» Nous avons trouvé les chiffres suivants :

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Cérium..........	86,46	85,99	85,37	85,74	86,12	85,93
Carbone.........	14,90	14,81	»	»	»	»

» *Conclusions.* — En résumé, le cérium fournit au four électrique, en présence du charbon, un carbure cristallisé de formule C^2Ce analogue au carbure de calcium et décomposable par l'eau à froid en produisant un mélange gazeux d'acétylène, d'éthylène, de méthane et des carbures liquides et solides plus condensés. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le carbure de lithium.* Note de M. **Henri Moissan.**

« *Préparation.* — Pour obtenir le carbure de lithium, on chauffe, dans notre four électrique, un mélange de charbon et de carbonate de lithine, dans les proportions indiquées par la formule

$$CO^3Li^2 + 4C = C^2Li + 3CO.$$

» Au début de l'expérience, il ne se dégage que très peu de vapeurs métalliques, puis la réaction devient tumultueuse, pour s'arrêter ensuite à peu près complètement.

» Si l'on termine la préparation, au moment où commence à se produire le dégagement abondant de vapeurs métalliques, on trouve au fond du tube une matière blanche, à cassure cristalline, qui est un carbure de lithium.

» Si, au contraire, on continue à chauffer jusqu'à ce que toute réaction ait cessé, on rencontre dans la partie supérieure du tube des gouttelettes fondues de carbure, et la partie fortement chauffée ne renferme plus que du graphite. Le carbure de lithium semble donc être volatil ou décomposable en ses éléments par une température plus élevée. La durée de l'expérience présente donc une grande importance au point de vue du rendement en carbure.

» Avec un courant de 350 ampères et 50 volts, il faut chauffer dix à douze minutes. Au contraire, avec un courant de 950 ampères et 50 volts, les vapeurs métalliques apparaissent avec abondance dès la quatrième minute, et il faut arrêter de suite l'opération pour retrouver le carbure fondu dans la partie la plus chauffée du tube.

» On peut aussi obtenir le carbure de lithium mélangé d'une petite quantité de charbon en chauffant le lithium dans un courant d'acétylène.

» *Propriétés*. — Le carbure de lithium se présente sous forme d'une masse cristalline aussi transparente qu'un fluorure ou qu'un chlorure alcalin ; examiné au microscope, on y rencontre des cristaux brillants, très altérables sous l'action de l'humidité de l'air; sa densité est de 1,65 à 18°; il se brise assez facilement et ne raye pas le verre.

» C'est un réducteur d'une très grande énergie; c'est aussi le carbure cristallisé le plus riche en carbone que nous ayons préparé jusqu'ici, puisqu'il en renferme 69 pour 100 de son poids.

» Il prend feu à froid dans le fluor et dans le chlore; il y brûle avec éclat en fournissant du fluorure ou du chlorure de lithium. Pour produire l'incandescence dans la vapeur de brome ou dans la vapeur d'iode, il suffit de chauffer légèrement.

» Au-dessous du rouge sombre, il prend feu et brûle avec vivacité dans l'oxygène, dans la vapeur de soufre et de sélénium.

» Il brûle avec énergie dans la vapeur de phosphore, en donnant un phosphure décomposable par l'eau froide avec dégagement d'hydrogène phosphoré. L'arsenic s'y combine au rouge.

» Le chlorate, l'azotate et le permanganate de potassium l'oxydent au point de fusion de ces composés avec une belle incandescence.

» La potasse en fusion le décompose, avec un grand dégagement de chaleur. Les acides concentrés ne l'attaquent que très lentement.

» Le carbure de lithium décompose l'eau à froid, en produisant du gaz acétylène pur. Cette réaction, rapide à la température ordinaire, devient violente vers 100°. Elle est en tout point comparable à celle des carbures de calcium, de baryum et de strontium cristallisés.

» Un kilogramme de carbure de lithium fournit, par sa décomposition en présence de l'eau, 587^{lit} de gaz acétylène.

» *Analyse*. — L'analyse du carbure de lithium a été faite en décomposant par l'eau dans un tube gradué, sur la cuve à mercure, un poids déterminé de ce corps. On mesure le volume d'acétylène recueilli en tenant compte de la solubilité de ce gaz dans l'eau qui a servi à la réaction. Par un simple titrage alcalimétrique fait sur ce dernier liquide, on déduit la lithine et le poids de lithium correspondant.

» Nous avons obtenu les chiffres suivants :

	I.	II.	III.	Théorie.
Carbone......	64,92	65,78	65,96	66,66
Lithium......	33,20	33,81	33,23	33,33

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. W. GOLDSCHILD soumet au jugement de l'Académie un Mémoire portant pour titre : « Chaleur et lumière. »

(Commissaires : MM. Cornu, Mascart, Lippmann.)

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, un Mémoire de M. *L. Bertin*, portant pour titre : « La marine des États-Unis à l'Exposition de Chicago », avec un Atlas.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale cinq brochures de M. le Dr *Ledé*, concernant la protection de l'enfance et l'industrie nourricière : 1° « Les enfants de Paris en nourrice » (Extrait de l'*Assistance*, Bulletin officiel de la Polyclinique de Paris, 1891); 2° « Étude sur les nourrices sur lieu » (Extrait de la *Revue d'hygiène*, 1892); 3° « Nourrices et nourrissons en voyage » (Extrait de la *Revue d'hygiène*, 1893); 4° « Des habitats des nourrices » (*Id.*, 1895); 5° « Résultats de l'application de la loi du 23 décembre 1874 concernant la protection des enfants placés en nourrice » (Extrait de l'*Assistance*, 1895).

Ces brochures sont présentées par M. Brouardel.

ASTRONOMIE. — *Observations des comètes Perrine (a 1896 et c 1895) faites à l'Observatoire de Paris (équatorial de la tour de l'Ouest)*; par M. G. BIGOURDAN. Communiquées par M. Tisserand.

	Date 1896.	Étoiles.	Gr.	Comète — Étoile. ΔR.	Comète — Étoile. ΔD.	Nombre de compar.
				m s	′ ″	
Comète a 1896	Fév. 16......	a	9	−0.10,75	−7.44,7	4.4
	16......	a	9	−0. 6,26	−6. 5,9	4.4
	16......	a	9	−0. 4,08	−5.19,7	4.4
	16......	a	9	+0.15,99	+1.47,6	4.4
Comète c 1895	16......	b	9	−1.28,83	−0.28,0	9.6

Positions des étoiles de comparaison.

⋆.		Asc. droite moyenne 1896,0.	Réduction au jour.	Déclinaison moyenne 1896,0.	Réduction au jour.	Autorité.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a	3961 BD + 2°	19.35.33,25	−0,17	+2.15.44	−12,6	Rapportée à 3950 et à 3969 BD + 2°
c	3845 BD − 1°	19.46.57,77	−0,19	−1.32.18,0	−11,5	Cop. et Börg.

Positions apparentes des comètes.

	Date 1896.	Temps moyen de Paris.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parallaxe.
		h m s	h m s		° ′ ″	
☄ *a* 1896	Fév. 16...	16.49.57	19.35.22,33	$\bar{1}$,575 *n*	+2. 7. 7,1	0,817
☄ *a* 1896	16...	17. 1.39	19.35.26,82	$\bar{1}$,567 *n*	+2. 8.45,5	0,816
☄ *a* 1896	16...	17. 7.18	19.35.29,00	$\bar{1}$,562 *n*	+2. 9.32,1	0,816
☄ *a* 1896	16...	17.58.34	19.35.49,05	$\bar{1}$,517 *n*	+2.16.39,4	0,813
☄ *c* 1895	16...	17.30. 8	19.45.28,75	$\bar{1}$,555 *n*	−1.32.57,5	0,825

» *Remarques.* — La nouvelle comète Perrine (*a* 1896) se trouve dans la même région que l'ancienne (*c* 1895). Elle est brillante et très facile à voir dans une lunette de 50^{mm} d'ouverture; mais je n'ai pu l'apercevoir à l'œil nu. Elle est sans queue, arrondie, de 2′ de diamètre, et présente une condensation centrale et diffuse d'environ 20″ d'étendue qui ressort bien sur le reste de la nébulosité. Par instants, on a soupçonné un petit point stellaire au centre de cette condensation.

» L'ancienne comète, comparable à une nébuleuse de la classe II, est à peu près visible avec la même facilité qu'une étoile de 12e grandeur. Elle est arrondie, avec un diamètre de 50″ environ; au centre, qui est plus brillant, se trouve une condensation demi-diffuse, assez stellaire et qui se fond graduellement avec le reste de la nébulosité. »

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Perrine faites au grand équatorial de l'observatoire de Bordeaux;* par M. **L. Picart**. Communiquées par M. G. Rayet.

Comète Perrine.

Dates 1896.	Étoiles.	Temps sidéral de Bordeaux.	Δα comète.	Δ𝒫 comète.	Observateur.
		h m s	m s	′ ″	
Février 5....	1	15. 3.32,17	−0.58,89	−9. 1,68	L. Picart
7....	2	14.49.48,92	+1.45,43	+7.28,86	L. Picart

Dates 1896.	Étoiles.	Temps sidéral de Bordeaux.	Δα comète.	ΔP comète.	Observateur.
		h m s	m s	′ ″	
Février 8....	3	14.50.12,23	+1.26,22	+3. 7,88	L. Picart
10....	4	14.52.44,58	−1.33,33	+4.42,70	L. Picart
11....	5	14.53. 1,76	−2.29,69	+1.26,48	L. Picart
12....	6	14.49. 5,68	−1.12,68	−4.37,78	L. Picart
13....	7	14.49.41,33	−1.50,86	−2.53,76	L. Picart
14....	8	14.56.57,00	+1.47,67	+0.41,66	L. Picart
15....	9	15.17.26,11	+1.35,10	−5.57,26	L. Picart

Positions moyennes des étoiles de comparaison pour 1896,0.

Étoile.	Catalogue et autorité.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Distance polaire moyenne.	Réduction au jour.
		h m s	s	° ′ ″	″
1..	½[Schjellerup 7613. — Lalande 37666]	19.43.26,70	−0,36	94.45.17,1	+10,52
2..	Weisse₁, H. XIX, 997	19.41.21,81	−0,33	93.55. 2,4	+10,82
3..	⅓[Schjellerup 7598. — Weisse₁ H. XIX, 1013. — Lalande 37614]	19.41.59,35	−0,31	93.42.32,1	+10,88
4..	Schjellerup 7631-32	19.45.34,02	−0,28	93. 7.18,4	+10,97
5..	Munich I, 22078; II, 9395	19.46.47,52	−0,27	92.53.59,9	+11,00
6..	⅓[Weisse, H. XIX, 1109. — Munich, I, 22018. — Zones de Varsovie]	19.45.46,01	−0,25	92.43.23,4	+11,13
7..	½[Weisse₁, H. XIX, 1130. — Munich I, 22073]	19.46.39,25	−0,23	92.25. 7,3	+11,21
8..	Weisse₁ H. XIX, 1045	19.43.15,41	−0,20	92. 5. 6,0	+11,48
9..	½[Weisse₁ H. XIX, 1057. — Munich I, 21877]	19.43.41,44	−0,19	91.54.57,1	+11,41

Positions apparentes de la comète Perrine.

Dates 1896.	Temps moyen de Bordeaux.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parall.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parall.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Février 5....	17.59.59,4	19.42.27,45	$\bar{1}$,600	94.36.25,9	−0,807
7 ...	17.38.26,5	19.43. 6,91	$\bar{1}$,608	94. 2.42,1	−0,805
8....	17.34.53,9	19.43.25,26	$\bar{1}$,609	93.45.50,9	−0,804
10....	17.29.34,0	19.44. 0,41	$\bar{1}$,608	93.12.12,1	−0,803
11....	17.25.55,4	19.44.17,56	$\bar{1}$,608	92.55.37,4	−0,803
12....	17.18. 3,9	19.44.33,08	$\bar{1}$,608	92.38.56,7	−0,801
13....	17.14.43,5	19.44.48,16	$\bar{1}$,608	92.22.24,7	−0,802
14....	17.18. 2,1	19.45. 2,88	$\bar{1}$,603	92. 5.59,1	−0,801
15....	17.34.32,0	19.45.16,35	$\bar{1}$,589	91.49.11,3	−0,801

» La comète est faible, mais encore facilement observable. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations aux dérivées partielles linéaires et du second ordre à caractéristiques imaginaires.* Note de M. **Le Roy**, présentée par M. Poincaré.

« I. Soient a, b, c trois fonctions continues données. Considérons l'équation

$$(1)\qquad \Delta U + a\frac{\partial U}{\partial x} + b\frac{\partial U}{\partial y} + cU = 0.$$

» Je me propose de construire une intégrale de l'équation (1), continue dans une aire (D) limitée par un contour fermé (C) et prenant sur (C) des valeurs données Φ. Je supposerai que a et b sont les dérivées partielles d'une même fonction μ. Je n'emploierai que des méthodes susceptibles de s'appliquer encore si le problème d'intégration est posé dans l'espace. Si la fonction c est toujours négative ou nulle, le problème ne comporte qu'une solution ; je me placerai dans ce cas.

» II. Posons

$$a\,dx + b\,dy = d\mu, \qquad U = e^{-\frac{\mu}{2}}V.$$

On a

$$(2)\qquad \Delta V = \varphi V, \qquad \varphi = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial b}{\partial y}\right) + \frac{a^2 + b^2}{4} + c.$$

Soit G la fonction de Green. Posons

$$\frac{1}{2\pi}\int_{(D)} G\,dx\,dy < g, \qquad |\varphi| < \alpha, \qquad \lambda\alpha g < 1, \qquad V = \Sigma\lambda^i V_i;$$

d'où

$$\Delta V_0 = 0, \qquad V_0^{(c)} = \Phi, \qquad \Delta V_i = \varphi V_{i-1}, \qquad V_i^{(c)} = 0.$$

» M. Picard a montré que la fonction V existe, est continue, prend sur (C) les valeurs Φ et vérifie l'équation

$$\Delta V = \lambda\varphi V.$$

» Si la constante λ a une valeur quelconque, le problème posé est ainsi résolu pour tout domaine (D) assez petit.

» III. Si (D) a des dimensions quelconques, le problème est résolu pour $\lambda < \frac{1}{g\alpha}$.

» Les mêmes conclusions sont vraies pour l'équation

$$\Delta V = \lambda \varphi V + \psi, \tag{3}$$

ψ étant une fonction donnée. Posons alors

$$\lambda = \lambda_0 + \lambda_1, \qquad \lambda_0 \alpha g < 1, \qquad V = \Sigma \lambda_1^i V_i,$$

on est ainsi conduit à faire les approximations suivantes :

$$\Delta V_0 = \lambda_0 \varphi V_0, \qquad V_0^{(c)} = \Phi, \qquad \Delta V_i = \lambda_0 \varphi V_i + \varphi V_{i-1}, \qquad V_i^{(c)} = 0.$$

Si φ est positif, une fonction satisfaisant à (3) et s'annulant sur (C) vérifie l'inégalité

$$|V| < g\beta, \qquad |\psi| < \beta.$$

Cela suffit à montrer que les approximations précédentes convergent pourvu que l'on ait $\lambda_1 \alpha g < 1$, c'est-à-dire $\lambda \alpha g < 2$. Par ce procédé de prolongement analytique, on résout le problème proposé pour toute valeur positive de λ.

» IV. Considérons le cas où φ a un signe quelconque, mais où $c = 0$. La réduction de l'équation (1) à la forme (2), et l'expression d'une intégrale de (2) par une intégrale définie portant sur la fonction de Green, permettent d'établir un théorème analogue à celui de Harnack au sujet de l'équation étudiée.

» Cela posé, le problème qui nous occupe étant résolu pour un petit domaine quelconque, on peut le résoudre, pour un domaine ayant des dimensions quelconques et présentant, à sa frontière, des singularités quelconques, en employant la méthode exposée par M. Poincaré, à propos de l'équation de Laplace, sous le nom de *méthode du balayage*. Il suffit, pour le voir, de remarquer que, si deux fonctions satisfont aux relations

$$\Delta W + a\frac{\partial W}{\partial x} + b\frac{\partial W}{\partial y} = \psi, \qquad \psi < 0, \qquad W \geqq 0,$$

$$\Delta V + a\frac{\partial V}{\partial x} + b\frac{\partial V}{\partial y} = 0, \qquad V_{(c)} = W_{(c)},$$

on a

$$V > 0, \qquad V < W.$$

» V. Considérons enfin l'équation

$$\Delta V + a\frac{\partial V}{\partial x} + b\frac{\partial V}{\partial y} = \lambda c V \qquad (\lambda = \text{const.} > 0, \quad c \geqq 0).$$

Un procédé de continuation analytique analogue à celui du § III permet de

passer du cas où $\lambda = 0$ au cas où λ a une valeur positive quelconque. La seule modification consiste à prendre pour nombre g le maximum de la fonction G vérifiant les relations

$$\Delta G + a\frac{\partial G}{\partial x} + b\frac{\partial G}{\partial y} = -1 \qquad (G_{(c)} = 0.)$$

» VI. L'hypothèse

$$a\,dx + b\,dy = d\mu$$

ne joue qu'un rôle accessoire dans les raisonnements précédents. J'ai réussi à m'en passer : les résultats indiqués dans la présente Note sont donc vrais pour l'équation linéaire générale. Enfin je montrerai ultérieurement que les mêmes méthodes permettent l'intégration de plusieurs équations non linéaires d'un type très général. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le théorème de Taylor avec l'approximation du troisième degré.* Note de M. N. **Bougaief**, présentée par M. Darboux.

« En désignant par α_1 et ω_1 les valeurs de la première approximation et de la première erreur de la racine de l'équation

$$(1) \qquad f(\alpha) = 0,$$

nous avons la relation suivante

$$(2) \quad \left\{ \begin{aligned} \alpha = \alpha_1 &- \frac{2f(\alpha_1)f'(\alpha_1)}{2f'^2(\alpha_1) - f(\alpha_1)f''(\alpha_1)} \\ &+ \frac{3f''(\alpha_1) - 2f'(\alpha_1)f'''(\alpha_1 + \theta\omega_1)}{3[2f'^2(\alpha_1) - f(\alpha_1)f''(\alpha_1)]}\omega_1^3 + \frac{f''(\alpha_1)f'''(\alpha_1 + \theta\omega_1)}{2f'^2(\alpha_1) - f(\alpha_1)f''(\alpha_1)}\frac{\omega_1^4}{12}. \end{aligned} \right.$$

» Désignons par $\varphi(\alpha)$ la fonction inverse de la fonction $\psi(\alpha)$. En appliquant la formule (2) à l'équation

$$(3) \qquad \varphi(\alpha) = x + h,$$

nous avons la relation suivante :

$$(4) \qquad \alpha = \psi(x + h) = \alpha_1 - \frac{2[\varphi(\alpha_1) - (x + h)]\varphi'(\alpha_1)}{2\varphi'^2(\alpha_1) - \varphi''(\alpha_1)[\varphi(\alpha_1) - (x + h)]} + R.$$

» Si nous posons que α_1 et ω_1 dans la relation (4) sont exprimées par les

formules

$$\alpha_1 = \psi(x) + h\psi'(x) + \ldots + \frac{h^n}{1.2\ldots n}\psi^{(n)}(x),$$
$$\omega_1 = \frac{h^{n+1}}{1.2\ldots(n+1)}\psi^{(n+1)}(x+\theta_1 h),$$

alors la formule (4) nous donne la série de Taylor avec l'approximation du troisième degré.

» Le reste R dépend de h^{3n+3}.

» En posant dans la formule (4)

$$x = 0, \quad h = 0,$$
$$\alpha_1 = \psi(0) + x\psi'(0) + \ldots + \frac{x^n}{1.2\ldots n}\psi^{(n)}(0),$$
$$\omega_1 = \frac{x^{n+1}}{1.2\ldots(n+1)}\psi^{(n+1)}(\theta_1 x),$$

nous aurons la série de Maclaurin avec l'approximation du troisième degré.

» On peut obtenir la série de Taylor avec l'approximation du degré μ, mais les formules deviennent trop compliquées. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les groupes de substitutions*. Note de M. **A. Miller**, présentée par M. Picard.

« A. M'occupant depuis longtemps de la recherche des groupes de substitutions, je voudrais présenter quelques remarques au sujet des articles récents de M. Levavasseur. Dans un article des *Comptes rendus*, t. CXX, p. 902, ce géomètre avait fixé à 10 le nombre des groupes réguliers d'ordre 16. Dans une rectification à l'article précédent, il a élevé à 15 le nombre de ces groupes (¹). MM. Young (²) et Hölder (³) ont résolu le problème plus général :

» *Trouver tous les groupes dont l'ordre est* p^4 (*p étant un nombre premier quelconque*). *Ils ont trouvé* 14 *groupes d'ordre* 16.

» Au sujet de ce désaccord entre les résultats obtenus par ces divers auteurs, j'ai examiné tous les groupes possibles d'ordre 16 et j'ai trouvé

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXI, p. 240.
(²) *American Journal of Mathematics*, t. XV, p. 160.
(³) *Mathematische Annalen*, t. XLIII, p. 409.

que 14 seulement sont distincts et qu'en outre *chacun d'eux contient un sous-groupe commutatif d'ordre* 8.

» Je communiquai ce résultat à M. Hölder qui démontra alors le théorème suivant, en s'appuyant sur les résultats établis dans son article ([1]) sur les groupes d'ordre p^3, pq^2, pqr, p^4.

» Théorème. — *Tout groupe d'ordre* p^4 (*p étant un nombre premier quelconque*) *contient un sous-groupe commutatif d'ordre* p^3.

» Si nous combinons ce théorème avec le théorème de Frobenius ([2]), nous voyons que tout groupe dont l'ordre est p^α (p étant un nombre premier quelconque et α un entier positif quelconque) contient un sous-groupe commutatif d'ordre p^3.

» B. Le problème de la recherche de tous les groupes dont l'ordre est le produit de 3 nombres premiers a été résolu par MM. Cole et Glover ([3]) et par M. Hölder ([4]). En comparant les résultats obtenus par M. Levavasseur ([5]) avec les publications plus anciennes de MM. Cole, Glover et Hölder, il est facile de voir que l'énumération de M. Levavasseur doit être complétée.

» C. Dans les *Comptes rendus* du 27 janvier 1896, M. Levavasseur s'exprime ainsi : « J'ai déjà trouvé plus de 75 groupes distincts (d'ordre 32), et je n'ai pas encore terminé l'énumération.

» J'ai examiné tous les groupes possibles de cet ordre et j'ai trouvé que 51 seulement sont distincts, 7 sont commutatifs, 37 autres contiennent un sous-groupe commutatif d'ordre 16 et les 7 derniers ne contiennent aucun sous-groupe commutatif d'ordre supérieur à 8.

» Le Tableau suivant donne le nombre des groupes réguliers pour tous les ordres jusqu'à 36 ([6]) :

Ordre	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Nombre de groupes	1	1	2	1	2	1	5	2	2	1	5	1	2	1
Ordre	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Nombre de groupes	14	1	5	1	5	2	2	1	15	2	2	5	4	
Ordre	29	30	31	32	33	34	35							
Nombre de groupes	1	4	1	51	1	2	1							

([1]) *Mathematische Annalen*, t. XLIII, p. 409-412.

([2]) *Crelle*, t. 101, p. 283.

([3]) *American Journal*, t. XV, p. 191; Cf. *Mathematische Annalen*, t. XLVI, p. 322.

([4]) *Mathematische Annalen*, t. XLIII, p. 301.

([5]) *Comptes rendus*, t. CXX, p. 822.

([6]) Voir aussi : Cayley, *Philosophical Magazine*, t. VII, p. 40-408; *Ibid.*, t. XVIII,

» Ces nombres peuvent aisément se déduire des formules données par M. Hölder dans l'article auquel nous avons renvoyé plus haut. Il y a toutefois exception pour les groupes d'ordres 24 et 32.

» D. J'ai déterminé récemment tous les groupes transitifs que l'on peut former avec 12 éléments ([1]). Le nombre total est 295. Le Tableau suivant donne le nombre des groupes dont le degré est inférieur à 13.

Degré....................	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nombre de groupes........	1	2	5	5	16	7	50	34	45	8	295

» D'après cela, on voit que le nombre des groupes transitifs de degré 12 est supérieur à la somme des nombres des groupes transitifs de degré inférieur à 12. »

PHYSIQUE. — *Sur les flammes sensibles*. Note de M. E. **Bouty**, présentée par M. Lippmann.

« 1. Le phénomène de la sensibilité des flammes, tel que je l'ai décrit dans une Note antérieure ([2]), est très général. On obtient des flammes sensibles avec divers gaz combustibles, ou mélanges de gaz, et la sensibilité aux sons aigus apparaît toujours quand la flamme est prête à ronfler ou commence à ronfler. Il faut que la vitesse du jet soit supérieure à un certain minimum et l'on doit, par suite, employer une pression d'autant plus grande qu'il y a plus de frottement, c'est-à-dire que l'orifice d'émission est plus étroit.

» 2. *Influence de la forme de l'orifice.* — La forme circulaire de l'orifice est de beaucoup la plus favorable. Les flammes plates (forme papillon, par exemple) ne jouissent que d'une sensibilité rudimentaire et à peu près indépendante de la nature du gaz combustible. Tout ce qui suit se rapporte à des flammes issues d'orifices circulaires.

» Si l'on agit sur une flamme de haute sensibilité par un bruit très faible, le tic-tac d'une montre par exemple, on constate que la montre doit être placée au voisinage de l'orifice ou de la gaine bleue de la région basi-

---

p. 34; Kempe, *Philosophical Transactions*, t. CLXXVII, p. 37-43; Netto, *Substitutionen Theorie*, p. 133-137; Young, *American Journal of Mathematics*, t. XV, p. 124-178; Cole et Glover, *Ibid.*, p. 191-220; Holder, *Mathematische Annalen*, t. XLIII, p. 301-412; Kronecker, *Berliner Monastberichte*, p. 881-889; 1870.

([1]) Miller, *Bulletin of the American mathematical Society*, july, 1895.

([2]) Voir *Comptes rendus*, t. CXX, p. 1260, 1895.

laire de la flamme. Le tic-tac est alors accompagné de flammèches qui jaillissent latéralement, à la partie supérieure de la flamme, avec un bruit qui rappelle les coups de piston d'une locomotive très éloignée.

» Quand on fait usage de miroirs conjugués pour cette expérience, le foyer du miroir récepteur doit coïncider avec un point de la région basilaire de la flamme. S'il coïncide avec un point de la zone blanche placée au-dessus, le système des miroirs est sans effet.

» L'*organe sensible* des flammes cylindriques de gaz d'éclairage est donc situé à leur base.

» 3. *Influence de la nature du gaz.* — L'hydrogène pur fournit une grosse flamme presque invisible et dont la sensibilité est extrêmement faible. Mais il suffit d'ajouter à l'hydrogène un gaz inerte, azote ou acide carbonique, en proportion suffisante, pour obtenir une flamme grêle de grande sensibilité. Si la proportion de gaz inerte est trop forte, la flamme s'éteint pour une pression inférieure à celle qui la rendrait sensible.

» Les mélanges d'hydrogène et d'air donnent des flammes à peu près insensibles.

» L'acétylène pur fournit une flamme dans laquelle le blanc apparaît, à l'intérieur de la zone bleue, au voisinage immédiat de l'orifice. Cette flamme possède une sensibilité médiocre. Un mélange à volumes égaux d'acétylène et d'hydrogène produit une magnifique flamme, d'un blanc éblouissant à sa partie supérieure et dont la base, très peu éclairante, paraît constituée comme celle du gaz; cette flamme est sensible même au tic-tac de la montre. Des mélanges d'acétylène et d'azote ou d'acétylène et d'acide carbonique donnent aussi des flammes très sensibles.

» 4. *Interprétations.* — La complication apparente de ces phénomènes paraîtra sans doute diminuée par les deux remarques suivantes, qui se complètent l'une l'autre :

» *a*. Si l'on adopte l'hypothèse d'après laquelle la sensibilité est liée à des retards de combustion, on comprendra que les flammes plates, dans lesquelles la surface active est proportionnellement très grande dès le voisinage de l'orifice, soient moins favorables que les flammes cylindriques. La présence d'un gaz inerte dans l'axe d'une flamme cylindrique favorisera évidemment les retards de combustion en divisant la masse et en abaissant la température. L'oxygène se comportera à l'inverse d'un gaz inerte.

» *b*. Les grandes sensibilités coïncident avec un aspect particulier de la base de la flamme, formée d'un tube de flamme bleue engainant un cy-

lindre *complètement obscur* de gaz relativement froid. Ce système constitue une lentille acoustique cylindrique qui sera généralement convergente si la vitesse du son dans la zone annulaire de combustion est supérieure à sa vitesse dans le gaz froid intérieur, nécessairement divergente dans le cas contraire. Pour le gaz d'éclairage, c'est le premier qui se présente, et l'épaisseur relative de la flamme bleue, par rapport au rayon du cylindre obscur, est telle que la ligne focale principale de la lentille se trouve dans l'espace obscur. Quelle que soit la cause intime de la sensibilité, nous trouvons là une sorte d'appareil de localisation, en conformité avec ce que nous ont appris l'expérience de la montre et celle des miroirs conjugués.

» Sans discuter ici le degré d'efficacité de lentilles sonores d'aussi faibles rayons de courbure (1), il convient de remarquer que, pour une température de combustion donnée, il y a une densité critique du gaz intérieur à la flamme, au-dessous de laquelle la vitesse du son dans la zone de combustion, devient inférieure à celle qui caractérise le gaz combustible intérieur. La lentille est alors divergente : c'est là ce qui arrive pour l'hydrogène. Quand on ajoute à l'hydrogène un gaz inerte, on élève d'abord beaucoup la densité du gaz intérieur, sans abaisser trop notablement la température de la flamme ;c'est ce qui résulte des nombres publiés par M. Le Châtelier sur les températures de combustion. La lentille redevient alors convergente et la sensibilité reparaît.

» A la partie supérieure des flammes de gaz, la température de la région axiale augmente beaucoup et le carbone en suspension auquel elles doivent leur éclat réfléchit sans doute fortement le son ; la lentille cylindrique devient donc inefficace. La flamme de l'acétylène pur présente, dès sa base, la constitution que la flamme de gaz n'offre que beaucoup plus haut; aussi est-elle peu sensible. L'addition d'hydrogène ou d'un gaz inerte fait reparaître l'espace obscur et, avec lui, la sensibilité ordinaire des flammes de gaz. »

PHYSIQUE. — *Sur l'abaissement des potentiels explosifs statiques et dynamiques par les radiations X.* Note de M. **R. Swyngedauw**, présentée par M. Lippmann.

« L'analogie de certaines propriétés des radiations ultra-violettes et des radiations de M. Röntgen m'a conduit à essayer l'action de ces dernières

---

(1) Le tube abducteur du gaz constitue lui-même une lentille sonore convergente, mais dont l'effet est rendu illusoire par la grandeur des réflexions.

sur les potentiels explosifs. L'expérience a montré que *les radiations X abaissent les potentiels explosifs suivant les mêmes lois générales que les radiations ultra-violettes électriquement actives* [1].

» L'abaissement des potentiels explosifs statiques se mesure directement à l'électromètre de MM. Bichat et Blondlot, en notant le potentiel explosif de l'excitateur éclairé ou non par les radiations.

» Le tube de Crookes est traversé par la décharge d'une bobine de Ruhmkorff actionnée par deux accumulateurs; il est placé parallèlement à l'excitateur et à 25^{cm} environ de ce dernier. L'excitateur est formé de deux sphères de 1^{cm} de diamètre en fer.

» Dans une expérience où la distance explosive est de $5^{m},50$, l'excitateur se décharge pour un potentiel de 60 unités C.G.S s'il n'est pas éclairé par les radiations X; l'étincelle éclate au potentiel de 58,8 C.G.S sous l'influence de ces radiations.

» Un papier noir, une plaque de verre, une planche de bois ne changent pas d'une façon appréciable l'abaissement du potentiel explosif.

» Une plaque de laiton de $0^{mm},5$ d'épaisseur le supprime complètement.

» L'abaissement du potentiel explosif dynamique se mesure par la méthode des deux excitateurs dérivés, décrite antérieurement [2]; on remplace la lampe à arc par le tube de Crookes; on place un écran opaque pour la radiation, une plaque de laiton par exemple, entre les deux excitateurs dérivés E_1E_2 et N_1N_2.

» Cependant, sous cette forme, la méthode ne donne que des résultats négatifs; cela tient à ce fait que l'éclairement du tube de Crookes est forcément intermittent et ne dure qu'une fraction très petite de seconde; il faudrait un concours très heureux de circonstances pour que le tube soit illuminé au moment de la charge dynamique des excitateurs.

» Pour tourner cette difficulté, j'ai usé d'un artifice par lequel le tube de Crookes s'illumine en même temps que l'excitateur dérivé se charge par la méthode dynamique (décharge du condensateur GC_2).

» Dans le circuit secondaire de la bobine de Ruhmkorff on place en série un tube de Crookes et un excitateur secondaire S. Cet excitateur est placé à 4^{cm} et en face des pôles de l'excitateur principal I_1I_2 qui permet la charge du condensateur.

» Le tube de Crookes est placé en face de E_1E_2, à une distance de 25^{cm} environ.

---

(1) MM. Benoist et Hurmuzescu ont déjà montré (*Comptes rendus* du 3 février 1896) que les rayons X déchargent les corps électrisés; cette dernière propriété et l'abaissement des potentiels explosifs semblent corrélatifs.

(2) *Comptes rendus* du 8 juillet 1895.

» On actionne la bobine de Ruhmkorff : à chaque étincelle qui éclate en S, la bobine se décharge à travers le tube de Crookes.

» On charge lentement le condensateur par une machine de Holtz ; lorsque le potentiel de l'excitateur $I_1 I_2$ est voisin de son potentiel explosif statique, l'une des étincelles qui éclatent en S, en même temps qu'elle illumine le tube de Crookes, provoque par ses radiations ultra-violettes la décharge de l'excitateur $I_1 I_2$ et du condensateur, et les excitateurs dérivés $E_1 E_2$ et $N_1 N_2$ se chargent dynamiquement ; $E_1 E_2$ sont deux boucles de fer de 1^{cm} de diamètre, $N_1 N_2$ deux boucles de laiton de 1^{cm} de diamètre.

» Si $N_1 N_2 = 3^{mm}$ l'étincelle éclate encore en $E_1 E_2$ quand la distance explosive de $E_1 E_2$ est de $5^{mm},40$, sous l'influence des radiations X.

» En l'absence de ces radiations il faut amener les pôles de $E_1 E_2$ à la distance de 3^{mm} pour que l'étincelle éclate en $E_1 E_2$ plutôt qu'en $N_1 N_2$.

» Le potentiel explosif de $I_1 I_2$ était de 70 C.G.S.

» *L'interposition d'un écran de papier de verre ne diminue pas d'une façon appréciable l'abaissement.*

» *Une plaque de laiton le supprime complètement.*

» L'étincelle de la même bobine de Ruhmkorff produit un abaissement du même ordre de grandeur si aucun écran n'est interposé entre l'excitateur et l'étincelle.

» *Un écran de bois, de verre, de papier noir, arrête les radiations ultra-violettes actives.*

» De ces expériences, nous tirerons les conclusions suivantes :

» I. En mesurant l'abaissement des potentiels explosifs dynamiques par la méthode des deux excitateurs dérivés, on peut déceler avec beaucoup de netteté les radiations X ([1]).

» II. *Les radiations de M. Röntgen abaissent les potentiels explosifs dynamiques dans des proportions beaucoup plus grandes que les potentiels statiques* ([2]). »

PHYSIQUE. — *Phénomènes électriques produits par les rayons de Röntgen.* Note de M. A. **Righi**, présentée par M. Mascart.

« Dans le *Compte rendu* de la séance du 3 février, je trouve une Communication de MM. Benoist et Hurmuzescu, sur la dispersion des charges électriques obtenue par les rayons de Röntgen. Comme j'ai fait, en même temps que ces physiciens, des recherches semblables, que j'ai communi-

---

([1]) Les bobines devant être traversées par des décharges à potentiels très élevés nécessitent une construction spéciale ; on peut leur substituer une colonne d'un liquide électrolytique, une solution de $SO^4 Cu$ par exemple.

([2]) Institut de Physique de la Faculté des Sciences de Lille.

quées à l'Académie des Sciences de Bologne dans sa dernière séance, et que mes résultats ne sont pas tout à fait identiques, je demande la permission d'en donner ici un résumé.[1]

» J'ai employé un électromètre de Mascart comme appareil de mesure. Il est en communication avec les corps sur lesquels on fait arriver les rayons X, qui proviennent d'un tube de Crookes, renfermé, avec les appareils fournissant les décharges, dans une grande caisse métallique en communication avec le sol. La partie de la caisse qui est voisine du tube est formée par une épaisse lame de plomb, ayant au milieu une fenêtre ronde, de 10^{cm} de diamètre, recouverte par une lame mince d'aluminium, d'où partent les rayons.

» J'ai reconnu qu'un disque métallique communiquant avec l'électromètre perd rapidement sa charge, qu'elle soit positive ou négative. La durée d'action nécessaire pour que le potentiel descende de 7 volts à 3,5, a été sensiblement la même pour un potentiel positif et pour un potentiel négatif.

» Avec une charge initiale positive, la décharge n'est pas complète; avec une négative, non seulement le corps se décharge, mais il se forme une charge positive.

» Si je fais tomber les rayons de Röntgen sur un de mes couples photo-électriques, qui sont formés par une toile métallique en communication avec le sol, parallèle et très voisine d'un disque métallique en communication avec l'électromètre, j'obtiens une déviation positive ou négative suivant la nature des métaux du couple, comme avec les rayons ultra-violets.

» Enfin, un disque à l'état naturel se charge positivement lorsqu'on l'expose à la nouvelle radiation (ce qui a lieu aussi, comme je l'ai démontré autrefois, en employant les rayons ultra-violets). Avec ce même disque, le potentiel positif final est le même, quelle que soit la valeur initiale, positive, négative ou nulle, du potentiel du disque. Ce potentiel final a été plus élevé pour le cuivre que pour le zinc, et encore plus élevé pour le charbon de cornue.

» Je trouve, en outre, qu'une lame de verre ayant presque 1^{cm} d'épaisseur, placée sur le chemin des rayons X, ne détruit pas leur action, mais seulement l'affaiblit. De même, l'interposition d'une lame épaisse d'aluminium, d'une planche épaisse de sapin, ou même de la main placée de manière à masquer complètement la fenêtre, ne fait qu'affaiblir plus ou moins l'action des rayons.

» Je m'attendais à ce que des résultats, semblables à ceux que j'ai décrits, seraient obtenus, en même temps que par moi, par d'autres physiciens, vu que de toutes parts on s'occupe actuellement des nouveaux rayons; je suis heureux de constater l'accord qui existe, au moins sur les points fondamentaux, entre mes résultats et ceux qui m'ont fourni l'occasion de cette Communication. »

PHYSIQUE. — *Action des rayons de M. Röntgen sur les charges électrostatiques et la distance explosive*, Note de MM. **J.-J. Borgman** et **A.-L. Gerchun**, présentée par M. Lippmann.

Saint-Pétersbourg, laboratoire de Physique de l'Université, le 11 février 1896.

« M. J.-J. Thomson a communiqué aux lecteurs de l'*Électrician* (n° 925, le 7 février 1896) une observation concernant les rayons de M. Röntgen sur les charges électrostatiques. D'après ce savant, des charges positives et négatives sont également dissipées par l'action des rayons. Nos expériences n'ont pas complètement confirmé ce fait.

» Un disque de zinc, réuni à un électroscope d'une sensibilité moyenne, et chargé positivement, perdait sa charge presque instantanément sous l'action des rayons de M. Röntgen émanant d'un tube de Crookes assez rapproché. Pour des distances plus grandes (1^m), la dissipation de la charge continuait toujours, mais plus lente. Après la déperdition de la charge positive, les feuilles de l'électroscope divergeaient de nouveau et annonçaient une charge négative, qui allait en croissant jusqu'à un certain degré. Si l'on communiquait au disque une charge négative, l'électroscope démontrait une déperdition beaucoup plus lente, qui s'arrêtait à un certain degré. La déperdition était, en somme, plus petite pour des distances faibles et devenait assez grande si l'on éloignait le disque du tube. Quand la divergence stationnaire de l'électroscope était atteinte, l'angle de divergence oscillait continuellement, devenant tantôt plus grand, tantôt plus petit, suivant la marche irrégulière de l'interrupteur. Une feuille d'aluminium (1^{mm} d'épaisseur), communiquant au sol, affaiblissait l'action des rayons sans changer en rien son caractère. Ces expériences semblent démontrer que les rayons émanant d'un tube de Crookes peuvent communiquer aux conducteurs une charge négative.

» Dans une autre expérience, les rayons tombaient sur deux petites boules en platine, communiquant à un petit appareil Ruhmkorff. La dis-

tance des boules était trop grande pour qu'une étincelle pùt passer; pourtant les rayons de M. Röntgen tombant sur l'excitateur provoquaient immédiatement un jet assez vif d'étincelles. Une mince feuille d'aluminium communiquant au sol, ou des plaques d'ébonite placées sur le chemin des rayons, ne changeaient pas sensiblement l'action. Cette expérience semble démontrer que les rayons de Röntgen, comme les rayons ultra-violets, peuvent augmenter la distance explosive d'une décharge statique. »

PHYSIQUE. — *Nouvelles recherches sur les rayons X.* Note de MM. **L. Benoist** et **D. Hurmuzescu**, présentée par M. Lippmann.

« Dans notre Communication du 1er février dernier, nous avons montré que les rayons X ont la propriété de décharger à distance les corps électrisés malgré la protection d'un cylindre de Faraday, et nous avons fondé sur cette propriété une méthode nouvelle d'investigation comportant des mesures simples et rapides. Cette méthode nous a permis d'aborder immédiatement l'étude des lois de transmission et de production de ces rayons.

» Nous avons vérifié d'abord qu'ils se propagent bien dans l'air en suivant très sensiblement la loi du carré des distances, ce qui démontre la transparence de l'air pour ces rayons.

» *Résultats de deux expériences.*— Les distances sont comptées à partir de la paroi anti-cathodique [1] du tube de Crookes, jusqu'aux feuilles d'or de l'électroscope; le rapport des intensités est donné par le rapport inverse des temps de chute correspondant à un même angle vertical des feuilles :

Distances	13cm	et	20cm
Angle	40°		
Temps	27s,7		65s

Rapport des carrés des distances 2,37
Rapport des temps 2,33

» Autre expérience :

Distances	15cm	et	25cm
Angle	32°		
Temps	5s,5		14s,8

Rapport des carrés des distances 2,78
Rapport des temps 2,69

---

[1] C'est-à-dire la paroi frappée par les rayons partis de la cathode.

» Une deuxième propriété fondamentale que nous avons pu mettre en évidence par des preuves diverses et concordantes, c'est l'*hétérogénéité* des rayons X :

» 1° Dès nos premières mesures du coefficient de transmission ([1]) de l'aluminium, rapporté à l'épaisseur de $0^{mm},1$ et pour des plaques de ce même ordre d'épaisseur, nous avons trouvé des nombres toujours inférieurs à 0,9 et généralement voisins de 0,85.

» Or, une telle valeur serait absolument incompatible avec la transparence très sensible que le professeur Röntgen a observée sur une plaque d'aluminium de 15^{mm} d'épaisseur, si ce coefficient de transmission devait être indépendant du tube de Crookes employé, et s'il ne devait pas augmenter avec l'épaisseur traversée, c'est-à-dire si les rayons X n'éprouvaient pas de la part de l'aluminium une absorption sélective, témoignage de leur hétérogénéité. En effet, on peut calculer que, si la valeur 0,85 était constante, la transparence totale d'une lame de 15^{mm} serait représentée par 26×10^{-12}, c'est-à-dire absolument nulle pratiquement.

» 2° Nous étions donc conduits à employer des épaisseurs croissantes, et à déterminer les valeurs moyennes correspondantes du coefficient de transmission précédemment défini.

» Nous avons vu ce coefficient prendre, en effet, des valeurs nettement croissantes avec l'épaisseur traversée pour un même tube.

» Voici les résultats d'une expérience portant sur des plaques formant $\frac{1}{10}$, $\frac{6}{10}$ et $\frac{11}{10}$ de millimètre d'épaisseur totale; et comprenant dix-huit mesures effectuées à une même distance, avec un même tube de Crookes, et une même distance explosive (2^{cm}) de la bobine; les mesures sont croisées, et les calculs effectués sur les moyennes alternées :

Épaisseurs employées...	$\frac{1}{10}$ et $\frac{6}{10}$,	$\frac{6}{10}$ et $\frac{11}{10}$,	$\frac{1}{10}$ et $\frac{11}{10}$.
		Valeurs de $\alpha(\frac{1}{10})$.	
	0,854	»	»
	0,853	»	»
	0,837	»	»
	0,837	»	»
	»	0,861	»
	0,851	»	»
	»	0,877	»

([1]) C'est-à-dire de la fraction α transmise par une plaque de $0^{mm},1$ d'épaisseur, sans préjuger la constance de α.

Épaisseurs employées..	$\frac{1}{10}$ et $\frac{6}{10}$,	$\frac{6}{10}$ et $\frac{11}{10}$,	$\frac{1}{10}$ et $\frac{11}{10}$.
	»	»	0,906
	»	»	0,898
	[0,902](1)	»	»
	»	0,895	»
	0,859	»	»
	»	»	0,893
	»	0,927	»
	0,848	»	»
	»	0,936	»
	»	»	0,899
	0,864	»	»
	»	0,900	»
	»	»	0,889
Moyennes...	0,850	0,899	0,897

» Donc le coefficient s'élève de la valeur 0,85 pour les plaques d'épaisseur totale ne dépassant pas $\frac{6}{10}$ de millimètre à la valeur 0,90 pour les plaques dépassant 1^{mm}.

» 3° Ayant enfin employé des tubes de Crookes différents, dans des conditions de réglage identiques, nous avons trouvé des coefficients de transmission différents, bien que les plaques employées fussent de même épaisseur :

Avec un tube.................... $\alpha = 0,85$
Avec un autre.................... $\alpha = 0,78$

» Nous avons en même temps observé, pour un même tube, des variations de α avec le réglage de la bobine, la fréquence des interruptions, etc.; nous établissons en ce moment un dispositif qui nous permettra d'étudier avec précision la part de chacun de ces facteurs. Nous étudions aussi la transparence d'autres substances telles que l'argent, etc.

» En résumé, la production des rayons X par un tube de Crookes est un phénomène analogue à celui de la production des rayons calorifiques et lumineux par des sources à température plus ou moins élevée (2). »

(1) Ce nombre, qui n'élèverait pas d'ailleurs sensiblement la moyenne, peut être considéré comme résultant d'une variation de réglage de la bobine.
(2) Laboratoire des Recherches physiques à la Sorbonne.

PHYSIQUE. — *Recherches photographiques sur les rayons de Röntgen.* Note de MM. **Auguste** et **Louis Lumière**, présentée par M. Lippmann.

« Si la méthode photographique vient d'avoir, avec les expériences de M. Röntgen, un nouveau succès, il est à présumer qu'elle pourra rendre, pour l'étude des rayons X, de plus grands services encore, lorsque les préparations photographiques seront mieux adaptées aux propriétés de ces rayons. C'est à l'étude de leur action sur les substances sensibles que nous nous sommes attachés.

» Nous avons remarqué d'abord que les rayons de Röntgen agissent de la même manière sur des plaques au gélatino-bromure colorées et rendues sensibles aux diverses régions spectrales. Ainsi, des plaques sensibilisées pour le rouge, pour le jaune ou pour le vert, donnent exactement la même impression, toutes choses égales d'ailleurs, à la condition qu'elles aient la même sensibilité générale pour la lumière blanche.

» Étant données des plaques photographiques de sensibilités différentes à la lumière blanche, il nous a paru intéressant d'examiner si le rapport des sensibilités est le même pour les rayons X. Nous avons opéré sur des préparations dans lesquelles les temps nécessaires pour obtenir la même impression, avec une source lumineuse constante, étaient entre eux comme les nombres 1, 8 et 30 et nous avons remarqué que, dans les limites de notre expérience, ces rapports se sont exactement conservés pour les rayons de Röntgen [1].

» Une autre série d'essais a eu pour but d'étudier l'absorption de ces rayons par les couches sensibles et de la comparer à celle des rayons lumineux, dans des conditions analogues. A cet effet, on a exposé, sous un écran constitué par des lettres découpées dans une lame de cuivre mince, un paquet de 250 feuilles de papier au gélatino-bromure d'argent, superposées et mises à l'abri des rayons lumineux par les procédés connus; on a fait agir les rayons X pendant dix minutes et l'on a pu constater, au développement, que la cent-cinquantième feuille présentait encore une impression. (En augmentant le temps de pose, il est d'ailleurs facile d'obtenir une impression sur la totalité des papiers sensibles.)

---

[1] *Voir* la Note de M. A. Londe (*Comptes rendus*, 10 février 1896).

» Pour juger de l'importance de l'absorption due au passage des rayons au travers du papier servant de support à l'émulsion au gélatino-bromure d'argent, on a comparé les images obtenues en remplaçant, dans les expériences précédentes, le papier au gélatino-bromure par du papier non sensibilisé; nous avons constaté, à la suite d'une série d'essais, qu'il faut environ 300 feuilles de papier blanc pour produire la même absorption que 150 feuilles de papier sensible. La couche de gélatino-bromure employée absorbe donc les rayons X de la même façon que le papier qui lui sert de support. L'absorption des rayons X par les papiers sensibles est, par conséquent, extrêmement faible. Cette propriété peut même servir à caractériser ces rayons. Si, en effet, on cherche à reproduire la même série d'expériences avec diverses sources lumineuses, lumière solaire, arc électrique, bec Auer, on constate que, après le passage au travers d'un très petit nombre de feuilles sensibles, la lumière n'agit plus sur les feuilles sous-jacentes.

» La première épreuve étant produite à l'aide de la lumière solaire, par exemple, avec une impression telle qu'on puisse comparer cette épreuve à la première feuille de l'expérience précédente, on constate que la sixième feuille ne présente plus de trace d'image.

» Cette pénétrabilité extraordinaire des rayons X et leur absorption extrêmement faible par les préparations sensibles paraît constituer un mode de recherche de ces rayons dans les sources lumineuses plus ou moins intenses. A part les tubes de Crookes ou les tubes similaires, les effets photographiques que nous avons constatés avec l'arc électrique, le bec Auer, la lampe à pétrole, ne sont dus qu'à la pénétration des rayons lumineux proprement dits ou à l'échauffement par les rayons calorifiques très rapidement éteints par les piles de papier.

» Nous n'avons jamais pu trouver la présence des rayons X dans ces sources lumineuses. »

PHYSIQUE. — *Expérience montrant que les rayons X émanent de l'anode.* Extrait d'une Lettre de M. DE HEEN à M. le Secrétaire perpétuel.

Liège, le 13 février 1896.

« Afin de prendre date, j'ai l'honneur de porter à votre connaissance que, d'après mes dernières expériences, les rayons X, de Lenard et Röntgen, n'émanent pas de la cathode, mais bien de l'anode.

» Il suffit, pour le démontrer, de placer, entre le tube de Crookes et la plaque sensible, un écran en plomb percé de quelques ouvertures permettant le passage de faisceaux de rayons. La direction de ceux-ci sur la plaque indique qu'ils émanent du pôle positif et non du pôle négatif. Ce sont donc des rayons *anodiques*. »

MÉDECINE. — *Photographies obtenues avec les rayons de Röntgen*. Note de MM. **A. Imbert** et **H. Bertin-Sans**, présentée par M. d'Arsonval.

« Nous avons l'honneur de soumettre à l'Académie quelques-unes des photographies que nous avons obtenues avec les rayons de Röntgen et qui nous ont paru de nature à présenter quelque intérêt.

» La photographie n° 1, relative à une grenouille, montre quel degré de netteté on peut réaliser par l'emploi d'un diaphragme.

» Le n° 2, qui reproduit le squelette de la main d'un enfant de 8 ans, donne des renseignements précis sur l'état de l'ossification et permet d'espérer que le nouveau procédé d'investigation donnera des indications très utiles dans le cas du rachitisme.

» L'épreuve n° 3 est relative à un cas de *spina ventosa* du petit doigt d'une malade du service de M. le professeur Forgue. La netteté moins grande de l'ombre portée par les os tient, d'une part, aux altérations subies, qui ont rendu les os plus transparents; d'autre part, à la présence du pus qui coula pendant la pose et détermina une certaine adhérence à la plaque photographique du papier noir qui la recouvrait; d'autre part encore, à l'état d'enflure du doigt à photographier. L'influence de cette dernière cause sur la netteté nous a été démontrée par d'autres expériences, si bien que l'on peut dire qu'il est difficile, actuellement au moins, d'obtenir des épreuves nettes de régions œdématiées, les tissus devenant d'autant moins transparents qu'ils contiennent une plus grande quantité de liquide.

» L'épreuve n° 4 est la photographie du même doigt après l'amputation, le doigt ayant, d'ailleurs, été ouvert suivant son axe et appliqué par les deux faces de section sur la plaque sensible. La grande netteté avec laquelle se détache le squelette, dont on aperçoit facilement l'altération, tient à ce que les os étaient ici à une très petite distance de la face sensible de la plaque, et aussi à ce que deux des causes signalées plus haut comme ayant une influence sur la netteté sont ici presque supprimées.

» Il est intéressant de rapprocher de cette épreuve n° 4 l'épreuve n° 5, qui est la photographie à la lumière ordinaire des deux faces de section du même doigt. Tout étant ici reproduit, os, tendons, etc., l'altération du squelette y est moins facilement aperçue que sur la photographie par les rayons de Röntgen et ce fait nous a paru digne d'être signalé.

» La photographie n° 6 est celle de la main d'un jeune homme qui, après s'être exercé, dans une salle de gymnase, à arrêter d'un coup de poing un sac de sable animé de grandes oscillations, accusa une douleur vive au niveau du cinquième métacarpien

et nous fut adressé par M. le Dr Magnal, chef de clinique. Tandis que le diagnostic de fracture de la tête du cinquième métacarpien n'a pu être sûrement établi à l'exploration ordinaire, la fracture est évidente à la seule inspection de l'épreuve n° 6. La netteté moins grande de cette photographie tient d'ailleurs à un certain degré d'œdème, qui existait encore au moment où la main fut photographiée et qui gênait pour l'établissement du diagnostic.

» Les photographies nos 7 et 8 sont relatives à un malade sur lequel M. le Professeur Forgue a pratiqué, le 6 décembre 1895, une résection pour arthrite blennorrhagique. La très grande différence de netteté de ces deux épreuves tient à ce que l'une d'elles a été obtenue sans diaphragme, tandis qu'il a été fait usage d'un diaphragme pour obtenir l'autre. On voit nettement sur l'épreuve n° 7 l'existence d'un certain nombre de points d'ossification, ainsi que celle d'un os sésamoïde. Nous nous proposons de suivre, sur ce malade, les progrès de ce travail de réparation. »

PHYSIQUE. — *Sur la propriété qu'ont les radiations émises par les corps phosphorescents, de traverser certains corps opaques à la lumière solaire, et sur les expériences de* M. G. Le Bon, *sur la lumière noire.* Note de M. **G.-H. Niewenglowski.**

« J'ai constaté que les corps phosphorescents jouissent, vis-à-vis de la lumière solaire, de propriétés analogues à celle qu'a le sulfure de zinc phosphorescent, de rendre les rayons de Röntgen capables de traverser certains corps qui les absorbent, propriété que M. Charles Henry a signalée dans la dernière séance :

» Une feuille de papier sensible ordinaire étant entourée de plusieurs doubles de papier noir aiguille ou de papier rouge, j'ai placé au-dessus deux pièces de monnaie, et recouvert l'une des moitiés d'une plaque de verre enduite de poudre phosphorescente (sulfure de calcium); après quatre à cinq heures d'exposition au soleil, la moitié du papier sensible qui avait reçu directement les radiations solaires était restée intacte et ne présentait aucune trace de la pièce de monnaie placée au-dessus d'elle, indiquant ainsi que le papier noir ou rouge n'avait pas été traversé par la lumière; la moitié qui ne recevait les rayons solaires qu'après leur passage à travers la plaque phosphorescente, avait complètement noirci, sauf la portion correspondant à l'une des pièces de monnaie, dont on avait ainsi une silhouette en blanc sur noir.

» En ne mettant qu'un double de papier rouge mince, permettant le passage des rayons solaires, j'ai constaté que la portion de papier sensible qui ne recevait les radiations solaires qu'après leur passage à travers la couche phosphorescente noircissait beaucoup plus vite que l'autre.

» J'ai pu observer aussi que la lumière émise dans l'obscurité par la poudre phosphorescente, préalablement insolée, était capable de tra-

verser plusieurs doubles de papier rouge et de noircir un papier sensible qui en était séparé par ces doubles de papier.

» L'expérience suivante, faite avec M. H. Emery, m'a donné des résultats que je n'ose attribuer, comme on pourrait en être tenté, à des rayons X émis par la poudre phosphorescente :

» Sur une plaque phosphorescente, préalablement insolée, nous avons placé une pièce d'un franc; puis, au-dessus, simplement posée, une plaque au gélatino-bromure, la face sensible tournée vers la face phosphorescente; après un contact d'environ trois heures, nous avons obtenu au développement une image peu accentuée de l'effigie de la pièce; comme elle correspondait à la face de la pièce placée contre le gélatino-bromure, j'attribuerai plutôt cette image à un effet de pression, bien que celle-ci fût très faible. On sait, en effet, qu'il suffit de poser quelques instants une règle sur une plaque au gélatino-bromure et de la révéler ensuite, pour avoir une image de la règle.

» J'attribuerais aussi volontiers à un effet de pression le noircissement de la plaque qu'a obtenu M. G. Le Bon, en répétant ses expériences sur la lumière noire à la chambre noire. On pourrait aussi l'attribuer à de la lumière emmagasinée par la plaque métallique, ou, si cette dernière était placée contre la plaque sensible, à une simple action réductrice provoquée par le contact du métal; j'ai souvent observé que des poussières métalliques produisaient à la surface du papier sensible des petites taches noires, dues à une réduction du sel d'argent sensible par le métal. Afin d'éviter ces causes d'erreur, j'ai répété plusieurs fois, ainsi que M. H. Emery, l'expérience de M. G. Le Bon, en remplaçant le diaphragme de l'objectif par un diaphragme plein, métallique. Nous avons fait varier le temps de pose de un quart d'heure à six heures, en plein soleil, et nous avons employé des diaphragmes en aluminium de $0^{mm},3$, en cuivre de $0^{mm},05$, en zinc de $0^{mm},05$, sans obtenir la moindre image ni la moindre trace de voile. Ces résultats négatifs sembleraient indiquer que les rayons auxquels M. G. Le Bon a donné le nom de *lumière noire* seraient absorbés par le verre de l'objectif. »

PHYSIQUE. — *Nature et propriétés de la lumière noire.* Note de M. **Gustave Le Bon**, présentée par M. d'Arsonval.

« Avant de parler des nouveaux résultats de mes recherches, j'ai l'honneur d'informer l'Académie que mes expériences sur le passage de la lumière ordinaire à travers les corps opaques ont été répétées avec un plein succès

par plusieurs observateurs, notamment par le Dr Arméniac, à Bordeaux, et surtout par M. H. Murat, au Havre. Ce dernier a réussi, en suivant exactement mes instructions, à obtenir, à la lumière noire, des résultats supérieurs à ceux obtenus avec les rayons Röntgen. La lumière noire et les rayons d'origine cathodique ne sont sûrement pas pourtant des radiations semblables, car la lumière noire ne traverse pas des corps tels que l'ébonite, tout à fait transparents pour les rayons de Röntgen. M. Murat m'envoie des photographies de l'intérieur d'un poisson, que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. Elles montrent une sorte de dissection successive, couche par couche, qu'il serait impossible d'obtenir avec les rayons d'origine cathodique, ainsi que je l'expliquerai dans une prochaine Communication. La lumière d'une simple lampe, transformée en lumière noire par le procédé que j'ai indiqué, c'est-à-dire par son passage à travers des plaques métalliques, a suffi pour obtenir ces résultats.

» Dans mes premières Notes, je n'ai voulu publier que les résultats bruts de mes expériences. Ils ont paru si inexplicables, qu'il est nécessaire d'indiquer la théorie qui a conduit à les exécuter et qui me permettait de les pressentir.

» Le but que je me proposais était d'explorer la zone encore inconnue qui sépare le domaine de la lumière de celui de l'électricité. Je supposais, comme je le disais en terminant ma première Note, que les formes de l'énergie doivent être en nombre infini. Nous n'en connaissons que quelques-unes, telles que la chaleur, la lumière et l'électricité. Mais ces formes connues doivent pouvoir se relier par des formes intermédiaires ; ces dernières sont encore ignorées, parce que nous ne possédons pas d'instruments capables de les traduire d'une façon perceptible à nos sens.

» Pour découvrir un de ces modes d'énergie intermédiaire, il fallait donc trouver d'abord un instrument permettant de mettre en évidence des vibrations moins nombreuses que celles de la lumière et plus nombreuses que celles de l'électricité. Les plaques photographiques étant encore sensibles dans certaines conditions aux vibrations, relativement peu nombreuses, situées hors du spectre lumineux visible, il était à espérer qu'elles seraient sensibles à des vibrations beaucoup moins nombreuses. S'il en était réellement ainsi, nous nous trouvions justement dans la zone intermédiaire entre la lumière et l'électricité. Mais alors cette forme nouvelle de l'énergie devait posséder quelques propriétés intermédiaires entre celles de la lumière et celles de l'électricité. Elle ne se propageait peut-être plus comme la lumière et peut-être se propageait-elle comme l'électricité.

Dans ce dernier cas, les vibrations ne devaient pas être arrêtées par des corps métalliques opaques, quelle que fût leur épaisseur. C'est à vérifier ces conceptions qu'ont été consacrées des recherches poursuivies pendant deux ans, et dont je n'ai voulu exposer dans mes Notes précédentes que les résultats les plus incontestables. Sans la théorie qui nous guidait, nous nous serions arrêtés devant les insuccès qui accompagnèrent nos premières recherches.

» La démonstration du passage de la lumière à travers des plaques épaisses de métal fut faite assez rapidement, mais les résultats s'accompagnaient d'insuccès partiels qui m'embarrassèrent pendant longtemps. Le plus souvent, l'image était parfaite sur les bords extérieurs de la glace ou à son centre, puis s'arrêtait brusquement. En employant deux métaux, on favorisait ou l'on entravait l'expérience. C'est ainsi, par exemple, que la présence d'une feuille d'étain poli derrière la glace sensible empêche le passage de la lumière à travers la plaque d'aluminium recouvrant le cliché. Parfois on obtenait des résultats aussi satisfaisants en plaçant la glace devant ou derrière le cliché. Tantôt l'image était négative et tantôt positive. Évidemment des influences électriques devaient intervenir; mais, évidemment aussi, les effets produits étaient bien dus à l'action de la lumière, puisque, toutes les conditions d'expériences étant égales, les images ne s'obtenaient que lorsque la lumière tombait sur les lames opaques obturant le châssis. J'expliquerai, dans une prochaine Note, comment, au moyen d'un instrument infiniment sensible (un galvanomètre à cadre mobile dans un champ magnétique intense produit par un courant auxiliaire de 30 volts sur 2 ampères), j'espère mettre en évidence le dégagement d'électricité pendant la formation des images photographiques ordinaires. Pour le moment, je ne veux exposer que les expériences concernant le passage de la lumière à travers les corps opaques et les transformations qu'elle y subit.

» Dans les expériences qui vont suivre, chaque cliché reçoit deux glaces sensibles, l'une sur sa partie supérieure, l'autre sur sa partie inférieure; l'une d'elles sert de témoin, c'est-à-dire est destinée à montrer, par un séjour préalable du châssis garni dans l'obscurité, que l'image produite sur la glace couvrant la deuxième partie du cliché ne se produit que sous l'influence de la lumière noire. On élimine entièrement, de cette façon, toutes les hypothèses que l'on pourrait faire sur les causes de la formation de l'image : lumière emmagasinée, pression, chaleur, électricité, etc. Seule la lumière qui a traversé la plaque et s'est transformée en rayons noirs

produit l'image, puisqu'en dehors de cette lumière, l'image ne se produit jamais.

» Voici maintenant une série d'expériences qui sembleraient bien contradictoires, si l'on n'avait, pour les expliquer, la théorie que j'ai exposée et si l'on considérait que la lumière noire doit, comme la lumière ordinaire, se propager toujours en ligne droite.

» Le châssis étant recouvert de l'un des métaux que j'ai indiqués, aluminium ou fer par exemple, une moitié de la plaque métallique est couverte à son tour d'une dizaine de feuilles de papier noir superposées, qui seraient très suffisantes, avec la pose que nous employons, pour arrêter la formation de l'image sur une plaque sensible exposée sous un cliché. Or, au développement, nous constatons que l'image est absolument égale en intensité, aussi bien sous la partie recouverte seulement par le métal, que sous la partie ou le métal est recouvert lui-même de dix épaisseurs de papier. Si, sur cette même lame métallique, nous superposons de gros disques en fer de plusieurs centimètres d'épaisseur, nous constatons encore que ces disques, malgré leur épaisseur, ne laisseront aucune trace sur l'image.

» Ces expériences, qui ont été répétées en les variant de toutes façons, sont fondamentales. Elles nous montrent d'abord que le degré d'épaisseur des lames opaques est sans importance pour le passage de la lumière, absolument comme il le serait pour le passage de l'électricité. Ces expériences nous montrent aussi que la lumière noire suit, pour se propager, d'autres lois que celles de la lumière ordinaire. En effet, si la lumière noire se propageait en ligne droite, les parties du cliché protégées par les disques et les feuilles de papier placées au-dessus des lames métalliques seraient indiquées par une ombre sur la glace. Mais, si la lumière noire obéit aux lois de la propagation des ondes électriques, il suffit qu'un point du métal reçoive des rayons pour que ces rayons se propagent sur toute sa surface.

» On peut donc transformer la lumière en radiations qui se propagent comme les courants électriques. Ce ne sont pas des radiations électriques pourtant, car les courants électriques ordinaires ne suffisent pas à produire les mêmes effets.

» Nous nous trouvons donc en présence d'un mode d'énergie qui n'est plus de la lumière, puisqu'il n'a plus qu'une partie de ses propriétés et n'obéit pas aux lois de sa propagation. Ce mode d'énergie n'est pas non plus de l'électricité, puisque l'électricité sous ses formes connues ne produit pas les mêmes effets. La *lumière noire* doit être très probablement

considérée comme une force nouvelle, ajoutée au petit nombre de celles que nous connaissions déjà. »

PHYSIQUE. — *Épreuves photographiques obtenues dans l'obscurité.* Note de M. A. Briançon. (Extrait.)

« Chambéry, le 11 février 1896.

« J'ai l'honneur d'adresser à l'Académie deux clichés photographiques obtenus dans les conditions suivantes :

» Sur la glace d'un châssis pour positif, j'ai appliqué une feuille de carton noir la recouvrant entièrement. Sur cette feuille, j'ai disposé deux plaques sensibles, au-dessus desquelles j'ai placé une branche de cyprès, et un poisson découpé dans une feuille de carton noir; au-dessus, un lit de papier buvard. Puis, j'ai fermé le châssis avec la planchette. Le tout a été enveloppé d'un drap noir à plusieurs épaisseurs. Ces opérations ont été faites dans la chambre obscure. J'ai ensuite déposé le paquet dans un placard hermétiquement fermé, dans une chambre bien close. J'avais ainsi une obscurité aussi complète que possible.

» Deux heures après, j'ai développé les clichés et j'ai obtenu le résultat que l'on pourra constater.

» Dans ma pensée, cette expérience était destinée à vérifier une hypothèse qui expliquerait la transmission de la lumière au travers des corps opaques. Tous les corps se laisseraient imprégner par les rayons lumineux : une fois imprégnés, ils laisseraient dégager la lumière qu'ils auraient reçue et pourraient ainsi agir, *dans l'obscurité*, sur une plaque sensible. Le résultat de mon expérience ne semble pas confirmer complètement cette hypothèse, car l'image négative de l'objet, au lieu d'être claire, devrait être noire. Peut-être d'autres expériences pourront-elles donner l'explication de cette anomalie apparente.

» Quoi qu'il en soit, un corps qui a été exposé à la lumière impressionne, dans l'obscurité, une plaque sensible. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un procédé rapide de dosage de l'arsenic.* Note de MM. R. Engel et J. Bernard, présentée par M. Friedel.

« Le dosage de l'arsenic, surtout lorsqu'il ne s'agit que de petites quantités, présente des difficultés, des causes d'incertitudes, et exige toujours un temps considérable.

» En vue de recherches biologiques, M. A. Gautier (*Bull. de la Soc. chim.*, t. XXIV, p. 251) a étudié le dosage de l'arsenic par la pesée de l'anneau, obtenu par la méthode de Marsh, et a précisé avec soin les conditions dans lesquelles il faut opérer pour éviter toute perte. Ce procédé a donné, entre les mains de l'auteur et celles d'un de ses élèves, les résultats les plus précis; mais son application est délicate et sa durée un peu longue pour les dosages ordinaires de l'arsenic.

» Voici un procédé qui, abstraction faite de la durée de la précipitation, n'exige que quelques minutes et donne des résultats très précis.

» Les principes sur lesquels il repose sont les suivants :

» 1° Les composés oxygénés de l'arsenic, en solution dans l'acide chlorhydrique concentré, sont totalement réduits à l'état d'arsenic métalloïdique par l'acide hypophosphoreux, ainsi qu'il résulte des expériences antérieures de l'un d'entre nous;

» 2° L'iode en solution transforme l'arsenic métalloïdique en acide arsénieux, avec formation de petites quantités seulement d'acide arsénique, tant que la liqueur reste acide; dans une liqueur rendue alcaline par les bicarbonates, la transformation en acide arsénique est totale.

» La pratique du procédé est la suivante :

» A une solution arsénicale ramenée, s'il y a lieu, par concentration en liqueur alcaline, à 20^{cc} ou 40^{cc}, on ajoute trois fois son volume d'acide chlorhydrique à 22°B., puis un fort excès d'acide hypophosphoreux; suivant la quantité présumée d'arsenic, nous employons de 4^{cc} à 10^{cc} d'une solution de cet acide à 35°B. La précipitation se fait, à la température ordinaire, sous la forme d'une poudre brune; il est bon d'opérer dans un vase tronc-conique bouché à l'émeri.

» Après une douzaine d'heures, on chauffe légèrement le mélange au bain-marie, et l'on y ajoute son volume d'eau bouillie et bouillante : cette opération a pour but de faciliter la filtration qui est plus rapide avec des liquides chauds.

» On filtre d'abord le liquide clair, puis on porte le précipité sur le filtre. On lave le vase et le précipité à l'eau bouillante, sans se préoccuper d'un très léger dépôt qui, quelquefois, adhère au vase. On poursuit le lavage jusqu'à ce que le liquide filtré ne soit plus acide. On porte alors le filtre contenant le précipité dans le vase même où s'est effectuée la précipitation, et l'on y ajoute progressivement, à l'aide d'une burette graduée, une solution décinormale d'iode en agitant le vase. Les premières quantités d'iode sont rapidement décolorées. Comme les $\frac{3}{5}$ seulement de l'iode total nécessaire pour transformer l'arsenic en acide arsénique sont consommés pour dissoudre l'arsenic, on peut, après chaque décoloration, ajouter, en une seule fois, un peu plus de la moitié du volume d'iode déjà employé sans risque d'en mettre un excès. Il est essentiel de ne pas ajouter d'eau dans cette phase de l'opération, afin que la solution d'iode reste assez concentrée pour réagir rapidement.

» Lorsque, après une dernière addition, la liqueur reste colorée, on attend deux ou

trois minutes en remuant de temps en temps de façon à dissoudre les dernières traces d'arsenic adhérentes au filtre ou au vase. On ajoute alors environ 50^{cc} d'eau et 10^{cc} d'une solution saturée de bicarbonate de soude ou de potasse : cette addition détermine la décoloration immédiate de la liqueur et des débris du filtre, par suite de la transformation de l'acide arsénieux en acide arsénique, sous l'influence de l'iode en présence des bicarbonates.

» On achève le titrage par l'iode en se servant de l'amidon comme indicateur, comme lorsqu'il s'agit du titrage connu de l'acide arsénieux par l'iode. Chaque centimètre cube d'iode employé correspond à 0^{gr},0015 d'arsenic.

» Pour vérifier l'exactitude de ce procédé de dosage, nous avons opéré de la manière suivante :

» Avec une même pipette de 10^{cc}, nous avons prélevé cinq prises d'essai d'une solution d'acide arsénieux. Dans les trois premières prises d'essai, nous avons dosé directement l'anhydride arsénieux par une solution décinormale d'iode en laissant écouler la liqueur titrée d'une burette de 50^{cc}, sans la recharger; de cette manière, nous avons éliminé l'influence des petites différences de graduation pouvant exister dans les différentes parties de la burette. La moyenne de ces trois déterminations a été trouvée de 14^{cc},04 d'iode correspondant à 0,05265 d'arsenic métalloïdique par prise d'essai.

» Les prises d'essai 4 et 5 ont été précipitées par l'acide hypophosphoreux, et l'arsenic obtenu a été traité comme il a été dit plus haut. Le volume d'iode nécessaire a été, dans une expérience, de 35^{cc},125 et, dans l'autre, de 35^{cc},175, correspondant respectivement à 0,05268 et 0,05276 d'arsenic, soit en moyenne 0,05272, quantité qui ne diffère de la quantité trouvée directement que de 7 centièmes de milligramme.

» Ce dosage peut être effectué en présence de tous les métaux du troisième, du quatrième et du cinquième groupe.

» Voici le résultat de quelques analyses dans lesquelles on a ajouté des quantités connues et déterminées au milligramme seulement d'acide arsénieux à des solutions salines des divers métaux suivants :

Métal en présence de l'arsenic.	Arsenic ajouté.	Arsenic trouvé.
Nickel	0,054	0,0539
Cobalt	0,074	0,0735
Manganèse	0,059	0,0589
Aluminium	0,084	0,084
Zinc	0,123	0,1229

» Comme 1^{cc} de solution d'iode décinormale correspond à 1^{mgr},5 d'arsenic, on voit qu'il est facile d'apprécier sans erreur sensible $\frac{1}{10}$ de milligramme, avec les burettes habituellement employées dans les laboratoires. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse partielle de l'acide géranique; constitution du lémonol et du lémonal.* Note de MM. **P. Barbier** et **L. Bouveault**, présentée par M. Friedel.

« Dans nos précédentes Notes sur le lémonol et le lémonal, nous avons proposé, pour ces deux corps, deux formules de constitution fondées sur des réactions assez nombreuses et, en particulier, sur la formation dans leur oxydation de la méthylhepténone naturelle, de l'acide méthylhepténone-carbonique et de l'acide térébique.

» En continuant nos recherches sur ce sujet, nous avons obtenu de nouveaux résultats, s'accordant difficilement avec nos premières formules. De plus, nous avons récemment fait voir, par l'étude de combinaisons avec la semi-carbazide, que le lémonal, purifié par la distillation fractionnée et même par l'emploi du bisulfite, n'est pas un corps homogène; nous y avons rencontré trois aldéhydes isomériques en proportions très inégales. Nous avons conservé le nom de *lémonal* à la plus abondante d'entre elles, dont la semicarbazone fond à 135°.

» Si l'on rapproche ce fait de ce que les acides méthylhepténone-carbonique et térébique ne se forment qu'en petite quantité dans l'oxydation du lémonal, il nous a paru possible que sa formation fût due à l'oxydation des impuretés du lémonal.

» Tout récemment, M. Tiemann, utilisant la formule de constitution que nous avons établie pour la méthylhepténone naturelle, et abandonnant ses anciennes formules, proposa pour le lémonal une formule de constitution rendant compte de tous les faits observés, sauf de la formation des acides térébique et méthylhepténone-carbonique.

```
        CH^3                            CH^3
         |                               |
         C                               C
       //  \                           /   \\
     CH    CH^3                    CH^2     CH
     |                              |       |
     CH^2   COH                    CH^2    COH
        \  /                          \
         C                             CH
         ||                            ||
         C                             C
       /   \                         /   \
    CH^3   CH^3                   CH^3   CH^3
```

Formule de MM. Barbier et Bouveault. — Formule de M. Tiemann.

» Pour décider entre ces deux formules, nous avons entrepris de résoudre la question par la synthèse.

» Au lémonal correspond, par fixation d'un atome d'oxygène, l'acide géranique, $C^{10}H^{16}O^2$; cet acide aurait donc, en admettant les idées de M. Tiemann, la constitution :

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C = CH - CH^2 - CH^2 - \overset{\displaystyle CH^3}{\overset{|}{C}} = CH - CO^2H.$$

» Pour obtenir un corps de cette constitution, nous avons condensé la méthylhepténone naturelle avec l'iodacétate d'éthyle en présence du zinc, utilisant ainsi la méthode de Saytzeff, étendue par S. Reformatzky au cas des acides organiques (¹). (S. REFORMATZKY, *D. chem. G.*, t. XX, p. 1210, et t. XXVIIII, p. 2838.)

» La condensation s'effectue facilement suivant le schéma

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C = CH - CH^2 - CH^2 - \overset{\displaystyle CH^3}{\overset{|}{C}O} + Zn + CH^2ICO^2C^2H^5$$
$$= \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C = CH - CH^2 - CH^2 - \underset{\displaystyle OZnI}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH^3}{\overset{|}{C}}}} - CH^2 - CO^2C^2H^5.$$

» Le produit de condensation se décompose au contact de l'eau suivant la formule :

$$2\left\{\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C = CH - CH^2 - CH^2 - \underset{\displaystyle OZnI}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH^3}{\overset{|}{C}}}} - CH^2 - CO^2C^2H^5\right\} + 2H^2O$$
$$= ZnI^2 + Zn(OH)^2 + 2\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C = CH - CH^2 - CH^2 - \overset{\displaystyle CH^3}{\overset{|}{C}}(OH) - CH^2 - CO^2C^2H^5.$$

» Ce produit, qui a été analysé, forme une huile incolore à odeur faible, bouillant à 125°-135° sous 7^{mm}; il ne diffère du géraniate d'éthyle que par une molécule d'eau en plus.

» L'anhydride acétique à l'ébullition le transforme en un acétate très stable bouillant aux environs de 140° sous 7^{mm} et à 250° à la pression ordinaire; mais l'ébullition avec l'acide acétique tenant en dissolution un peu de chlorure de zinc le décompose, ainsi que son acétate, en un liquide bouillant à 110°-120° sous 7^{mm} d'une odeur peu agréable et possédant la composition du géraniate d'éthyle.

» L'acide $C^{10}H^{18}O^3$, obtenu par saponification de son éther, forme un liquide extrêmement visqueux, bouillant sans décomposition à 170° sous 7^{mm}; cet acide est moins

(¹) Substitués par un élément halogène.

stable que son éther, car l'ébullition avec l'anhydride acétique lui enlève une molécule d'eau, et le transforme en un acide $C^{10}H^{16}O^2$ possédant la composition de l'acide géranique ; cette réaction s'opère suivant le schéma

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C = CH - CH^2 - CH^2 - \overset{\overset{\displaystyle CH}{|}}{C}(OH) - CH^2 - CO^2H$$

$$= H^2O + \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C = CH - CH^2 - CH^2 - \overset{\overset{\displaystyle CH^3}{|}}{C} = CH - CO^2H.$$

» Cet acide qui bout sous 10^{mm} aux environs de 150°, point d'ébullition de l'acide géranique, et possède son odeur est en effet identique à l'acide géranique, car l'acide sulfurique à 80 pour 100 le transforme aisément, à froid, en acide isogéranique très bien cristallisé et fondant à 103°-104°. L'éther décrit plus haut est donc également le géraniate d'éthyle.

» Cette synthèse partielle de l'acide géranique établit nettement l'exactitude de la formule proposée par M. Tiemann.

» Cette modification dans les formules du lémonol et du lémonal entraîne également la modification de celles que nous avons proposées pour le licaréol et le licarhodol, alcools actifs dont les relations avec les précédents sont des plus étroites ; nous n'avons jusqu'ici rien trouvé d'assez net pour pouvoir en proposer de nouvelles. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de l'eugénol.* Note de M. **Ch. Gassmann** (¹) (Extrait).

« *Acide eugénolacétique :* $C^6H^3(CH^2 - CH = CH^2)^{(1)}(OCH^3)^{(3)}(OCH^2COOH)^{(4)}$. Pour obtenir cet acide, on chauffe, pendant une vingtaine d'heures à l'ébullition, un mélange de 65^{gr} d'eugénol, de 130^{gr} de soude caustique à 30,6 pour 100 et de $37^{gr},5$ d'acide monochloracétique. On laisse refroidir le mélange et l'on isole l'acide libre par addition de 111^{gr} d'acide chlorhydrique, ce qui détermine sa précipitation en un amas cristallin. La marche de la réaction peut être contrôlée par des essais de copulation avec des sels diazoïques, essais qui ne réussissent qu'en présence d'eugénol qui doit disparaître à la fin de la réaction.

» L'acide brut obtenu de la manière indiquée (la précipitation par l'acide chlorhydrique ayant été faite à froid) est recristallisé de l'eau à 70° C. ou de l'alcool dilué et donne, après deux recristallisations, le point de fusion 75°.

» L'acide eugénolacétique est facilement soluble dans l'eau chaude, dans l'alcool,

---

(¹) Voir *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 1895 ; *Ber. der deutsch. chem. Gesellsch.*, t. XXVIII, 1870.

l'acétone, la benzine, la ligroïne et l'éther, difficilement soluble dans l'eau froide; il forme des sels avec les bases, dans lesquels l'acide carbonique ne le déplace pas.

» Le sel de sodium est soluble dans l'eau; il peut être précipité par le chlorure de sodium de sa solution [1].

» *Acide isoeugénolacétique :* $C^6H^3(CH:CH-CH^3)^{(1)}(OCH^3)^{(3)}(OCH^2COOH)^{(4)}$. La transposition du groupe allylique en groupe propylénique peut être pratiquée de différentes manières. On obtient d'excellents rendements en suivant cette méthode.

» On dissout 84^gr^ de potasse caustique dans 122^gr^ d'alcool amylique, puis on y introduit 40^gr^ d'acide eugénolacétique et l'on chauffe pendant vingt à vingt-quatre heures à 145° au bain d'huile; on distille l'alcool amylique avec la vapeur d'eau; le résidu se prend en masse en refroidissant, on y ajoute de la glace pulvérisée et, en maintenant à 0°-5°, on y ajoute lentement un mélange de 200^gr^ d'acide chlorhydrique et de 100^gr^ d'eau. On filtre la masse cristalline blanche, on la lave à l'eau et on la cristallise dans l'alcool dilué. Il est absolument urgent d'observer la température de précipitation de 0°-5°, attendu qu'au-dessus de 5° on obtient un produit polymérisé auquel adhère un corps huileux. Cette précaution, du reste, est générale pour les dérivés isoeugénoliques et pour l'isoeugénol même (Tiemann).

» La transposition peut être faite encore d'après la méthode suivante :

» On dissout 2,5 parties de potasse dans 5 parties d'eau; puis on y ajoute 1 partie d'acide eugénolacétique; on mélange le tout soigneusement, on chauffe en remuant ou bien dix heures à 150°, ou rapidement à 200° en y restant une demi-heure; on reprend la fusion par l'eau, on refroidit à 0°, on reste à cette température en y ajoutant 6 parties d'acide chlorhydrique ordinaire, on filtre et l'on isole l'acide isoeugénolacétique en reprenant le produit lavé à l'eau froide par de l'eau à 70° qui dissout de l'acide eugénolacétique qui n'a pas réagi. Le reste est cristallisé de l'alcool dilué.

» Lorsqu'on dissout 16^gr^ d'isoeugénol dans 27^gr^ de soude caustique à 30,6 pour 100 et qu'on chauffe pendant quinze heures avec 10^gr^ d'acide monochloracétique en se servant d'un réfrigérant ascendant, on peut isoler, avec 30^gr^ d'acide chlorhydrique à froid (0°-5°), l'acide isoeugénolacétique, qu'on lave à l'eau froide et qu'on recristallise de l'alcool.

» L'acide isoeugénolacétique se présente en aiguilles blanches; il fond à 92°-94°, ne cristallise pas de l'eau, se dissout facilement dans l'alcool, l'éther, l'acétone, le benzène et l'éther de pétrole.

» Ses sels alcalins sont solubles dans l'eau, toutefois en moindre mesure que ceux de son isomère, l'acide eugénolacétique; la soude caustique les précipite de leur solution [2].

---

[1] Les dosages de carbone et d'hydrogène dans l'acide eugénolacétique révèlent les données suivantes :

Analyse :	Théorie :	C.....	64,85	H.....	6,32
	Trouvé :	C.....	65,00	H.....	5,90

[2] Le dosage de carbone et d'hydrogène fournit les nombres suivants :

Analyse :	Théorie :	C.....	64,85	H.....	6,32
	Trouvé :	C.....	64,40	H.....	6,00

» *Acide vanilline-acétique :*

$$C^6H^3(COH)^{(1)}(OCH^3)^{(3)}(OCH^2COOH)^{(4)}.$$

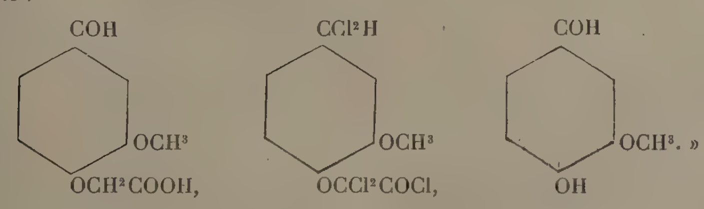
» L'oxydation de l'acide isoeugénolacétique par le permanganate potassique est instantanée en solution aqueuse alcaline, neutre ou acide.

» On dissout 21^{gr},6 d'acide isoeugénolacétique dans une solution de 4^{gr} de soude caustique dans 200^{gr} d'eau, on refroidit avec de la glace et l'on y ajoute lentement en remuant la solution de 21^{gr},1 de permanganate de potasse dans 525^{gr} d'eau et 16^{gr} d'acide acétique à 50 pour 100. Cet acide acétique peut être remplacé par un courant d'acide carbonique qu'on fait passer à travers les produits qui réagissent. Lorsque la couleur du permanganate a disparu, on fait bouillir, on sépare du peroxyde de manganèse par filtration à chaud, on sursature les eaux mères, évaporées partiellement, d'acide chlorhydrique, et l'on reprend par l'éther. La solution éthérée laisse comme résidu l'acide vanilline-acétique, contenant un peu d'acide vanillique-acétique qu'on sépare, grâce à son caractère plus acide, du produit principal ou encore par la réaction que donne l'acide vanilline-acétique avec les bisulfites alcalins. Après la filtration du peroxyde manganique, on fait bien de décolorer la solution par du noir animal.

» Cristallisé de l'alcool, l'acide vanilline-acétique se présente en cristaux incolores (souvent un peu jaunâtres) au point de fusion 188°-190°. Il est soluble dans l'eau chaude, dans l'alcool et dans beaucoup d'autres dissolvants. Il n'est pas déplacé de ses sels par l'acide carbonique et forme facilement une combinaison bisulfitique.

» Ce corps est identique avec celui obtenu à l'aide de la vanilline avec l'acide monochloracétique en solution alcaline (*Ber. der deutschen chem. Gesellschaft,* XIX, 3055). L'oxydation par $\frac{8}{10}$ de parties d'acide chromique en solution acétique conduit aussi au but [1].

» Si l'on chauffe 1 partie d'acide vanilline-acétique avec 2-3 parties de pentachlorure de phosphore jusqu'à liquéfaction complète, et qu'on verse le produit de réaction dans l'eau bouillante, l'éther extrait de cette solution de la vanilline, qui a pu être caractérisée par ses propriétés. Comme produits accessoires, on a pu remarquer la formation d'acide carbonique, ce qui permet d'admettre la possibilité de la réaction suivante :



(1) *Analyse.* — Théorie pour 100 : C...... 57,14 H...... 4,77
Trouvé pour 100 : C...... 57,5 H...... 4,5

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la composition du grisou.* Note de M. Th. Schlœsing fils, présentée par M. Duclaux.

« La décomposition lente des matières végétales à l'abri de l'air fournit assez généralement, comme produit gazeux combustible, du méthane. Ce n'est pourtant pas là le seul gaz combustible qu'elle puisse donner. Ainsi, dans la fermentation anaérobie de la paille de fumier, M. Dehérain a trouvé qu'il se faisait parfois de l'hydrogène, et j'ai rencontré après lui le même fait.

» Dans la transformation des matières végétales en houille, s'est-il communément formé d'autres gaz combustibles que le méthane? Le méthane est-il le seul gaz combustible qui figure d'ordinaire dans la composition du grisou des mines? M. H. Le Chatelier m'a signalé l'intérêt (¹) que pourrait présenter une étude un peu étendue sur cette question, étude qui ne lui paraissait pas avoir été faite encore avec une suffisante précision et qu'il a bien voulu me mettre à même d'exécuter, en me procurant les échantillons de gaz nécessaires.

» On va voir plus loin la liste des échantillons examinés; ils correspondent aux principaux types des mines françaises. Dans chacun d'eux, j'ai dosé d'abord l'acide carbonique et l'oxygène; le gaz restant, comprenant l'azote et la partie entièrement combustible, a été soumis à une analyse eudiométrique très soignée, laquelle a fait connaître la proportion et la composition de cette partie. Je réunis les résultats dans le Tableau suivant :

	Pour 100 volumes de gaz complet donné.				Pour 100 volumes de gaz entièrement combustible brûlé dans l'eudiomètre.	
Provenance des échantillons.	CO^2.	O.	Az.	Gaz combustible.	Contraction.	CO^2.
I. Anzin (fosse Hérin)	0,4	0,5	2,2	96,9	200,4	100,8
II. Anzin (fosse Renard, étage 476ᵐ)	0,0	0,1	3,5	96,4	201,4	101,9
III. Anzin (fosse Renard, étage 546ᵐ)	0,3	0,0	9,5	90,2	200,6	100,4
IV. La Grand-Combe (puits des Oules)	1,1	9,5	16,6	81,8	200,9	100,2
V. La Grand-Combe (mine du Ravin)	2,6	0,4	10,2	86,8	200,7	100,7
VI. La Grand-Combe (mine de la Forêt)	4,1	0,0	7,1	88,8	201,0	101,3

(¹) Le dosage du grisou, dans les mines, se fait de plus en plus par la détermination des limites d'inflammabilité. Pour une bonne application de cette méthode, on a besoin de savoir exactement à quel gaz combustible on a affaire.

Provenance des échantillons.	Pour 100 volumes de gaz complet donné. CO².	O.	Az.	Gaz combustible.	Pour 100 volumes de gaz entièrement combustible brûlé dans l'eudiomètre. Contraction.	CO².
VII. La Grand-Combe (puits du Pontil)........	2,7	0,1	8,7	88,5	201,8	100,5
VIII. La Grand-Combe (section de Trets)......	3,3	0,8	14,8	81,1	201,5	100,5
IX. Aciéries de France	1,1	0,3	7,4	91,2	201,7	100,7
X. Campagnac..............................	0,7	0,0	6,8	92,5	200,3	100,5
XI. Saint-Étienne..........................	0,4	0,1	4,9	94,6	202,0	100,7
XII. Plat-de-Gier	1,0	0,2	20,2	78,6	200,9	100,8
XIII. Roche la Molière et Firminy............	0,9	0,0	9,2	89,9	201,6	100,5
Moyenne....................................					201,1	100,7
XIV. Ronchamp (puits du Chanois)............	0,7	0,0	6,6	92,7	202,3	102,7
XV. Ronchamp (puis du Chanois, 2e éch^{on})....	1,2	0,1	8,1	90,6	203,2	102,6
XVI. Blanzy..................................	3,7	0,9	39,8	55,6	203,7	104,3

» Considérons d'abord les résultats rapportés à 100 de gaz complet. Ils donnent lieu aux observations suivantes.

» L'acide carbonique s'est trouvé généralement en très faible proportion; il a pu, d'ailleurs, être en partie fourni par l'eau sur laquelle les échantillons ont été recueillis.

» L'oxygène, plus rare, venait de cette eau ou de petites quantités d'air qui s'étaient introduites dans les bouteilles ayant servi au transport des échantillons.

» L'azote s'est présenté en proportion très variable et souvent fort élevée; il n'a pu provenir entièrement ni de l'eau ni de rentrées d'air dans les bouteilles; la plus grande partie préexistait dans le grisou au moment où il à été recueilli.

» Il est essentiel que l'azote soit très exactement connu; car il intervient dans le calcul de la partie entièrement combustible du gaz analysé, par suite dans la détermination de la contraction et de l'acide carbonique rapportés à 100 de gaz entièrement combustible, et ces deux derniers éléments fixent la composition à trouver du gaz combustible, but principal des expériences. C'est pourquoi j'ai contrôlé plusieurs des taux d'azote obtenus par l'analyse eudiométrique en les déterminant encore autrement : j'ai brûlé des volumes connus de grisou sur de l'oxyde de cuivre très fortement chauffé, j'ai absorbé l'acide carbonique produit et mesuré l'azote résiduel; les deux méthodes ont pleinement concordé.

» L'origine de l'azote que renferme le grisou ne fait guère de doute; elle est dans la pénétration d'air extérieur, dont l'oxygène, qui ne se retrouve plus, a été absorbé par la houille en vertu d'une propriété bien connue. Quand, surtout, l'azote est très abondant, il semble bien qu'il ne puisse pas provenir de la décomposition des matières azotées comprises dans la houille. J'ai voulu, cependant, avoir sûr ce point le contrôle de

l'expérience. Sur un mélange d'échantillons moyennement riches (VIII, IX, X) et sur le plus riche en azote (XVI), j'ai dosé l'argon aussi exactement que le permettait la faible quantité de gaz dont je disposais; j'ai trouvé 1,1 d'argon pour 100 d'azote, en volume; c'est à peu près la proportion (1,19) que j'ai obtenue dernièrement avec l'azote extrait de l'air. Ainsi l'origine atmosphérique de l'azote était confirmée.

» Examinons maintenant les résultats relatifs à la contraction observée et à l'acide carbonique produit pour 100 de gaz combustible brûlé dans l'eudiomètre.

» Les différences entre les divers échantillons sont (sauf pour XIV, XV et XVI) peu importantes; je considérerai seulement les moyennes 201,1 et 100,7. D'après ce qui est admis, 100 de méthane devrait fournir comme contraction et comme acide carbonique 200 et 100. Mais j'ai soumis aux mêmes procédés d'analyse que ci-dessus du méthane pur, préparé, sur le conseil de M. Friedel, par décomposition du mercure-diméthyle au moyen d'un acide (acide sulfurique concentré, à froid), toutes précautions étant prises pour éliminer la vapeur de mercure-diméthyle. Ce gaz m'a donné 201,1 et 100,4 [1], c'est-à-dire des chiffres tout semblables à ceux des échantillons de grisou.

» J'en conclus que les échantillons (sauf XIV, XV et XVI) ne contenaient à très peu près, comme gaz combustible, que du méthane au même degré de pureté que celui qu'on tire du mercure-diméthyle. Les résultats relatifs à XIV, XV et XVI, vérifiés par de nombreuses analyses, peuvent s'expliquer par la présence d'une petite quantité d'éthane (de 2 à 4 pour 100).

» En résumé, on pourra le plus souvent, dans la pratique, considérer la portion combustible du grisou comme consistant simplement en méthane; il arrive pourtant aussi qu'elle comprenne une proportion, faible mais sensible, d'hydrocarbure étranger. »

---

[1] D'après ces chiffres, le méthane serait un peu plus condensé qu'on l'admet ordinairement. Je croirais imprudent d'affirmer le fait, parce que les différences entre 201,1 et 200 et entre 100,4 et 100 sont presque de l'ordre des erreurs d'expérience. Cependant si, avec ces nombres 201,1 et 100,4 et des données précises sur la composition de l'acide carbonique et celle de l'eau, on calcule les poids de carbone et d'hydrogène contenus dans un litre de méthane, on en déduit, pour ce gaz, la densité 0,558 regardée comme exacte, tandis que le même calcul fait avec les nombres 200 et 100 conduit à une densité trop faible.

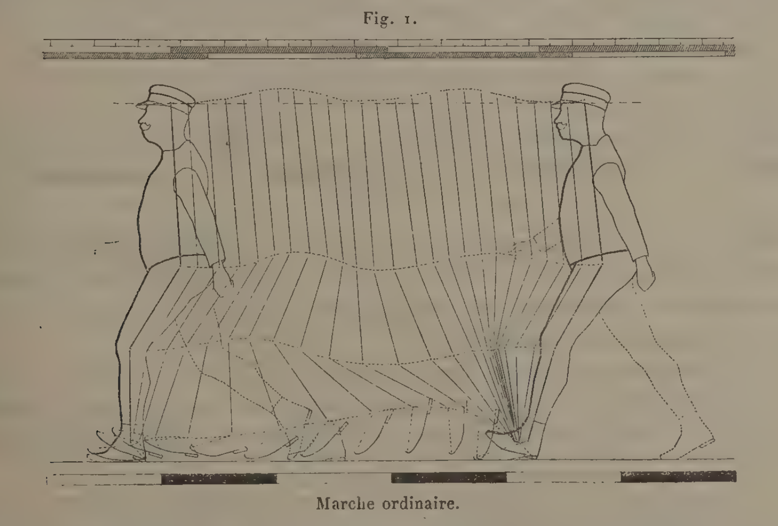
PHYSIOLOGIE. — *Marche et course en flexion*. Note de MM. **Comte** et **Regnault**, présentée par M. Marey.

« Un officier d'artillerie, le commandant de Raoul, a préconisé pour l'entraînement des troupes une méthode de marche et de course, dite *en flexion*, qui permet d'obtenir, d'hommes quelque peu entraînés, des marches rapides et longues sans les fatiguer plus qu'en leur faisant parcourir des distances moitié moindres aux allures militaires classiques.

» Il nous a paru intéressant de faire l'étude critique de cette méthode de marche et de voir si notre marche usuelle pouvait avec avantage être modifiée, pour obtenir avec la même dépense de travail un meilleur rendement [1].

» Profitant des nombreux appareils d'investigation réunis par M. Marey pour l'étude du mouvement à la Station physiologique, nous avons fait,

Fig. 1.



Marche ordinaire.

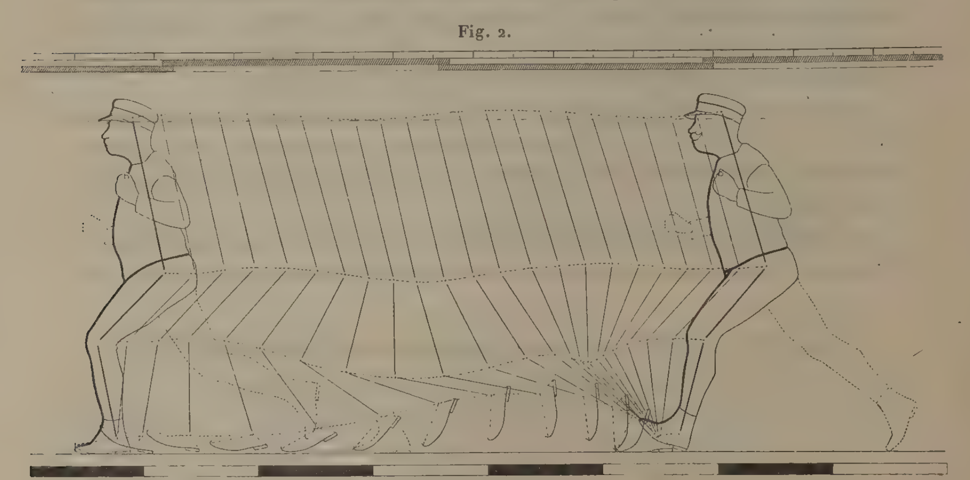
grâce au concours du commandant de Raoul, une étude comparée des

[1] L'un de nous avait déjà remarqué qu'à Ceylan et au Japon les coureurs de profession ont une manière assez analogue de progresser. Ils avancent très rapidement, rasant le sol, le corps très penché en avant et les jambes presque constamment un peu fléchies.

allures ordinaires et des allures en flexion. Analysées par la Chronophotographie et traduites en épures à la manière ordinaire, ces deux sortes de marche ont donné (*fig.* 1 et 2) des aspects bien différents.

» On voit tout d'abord que, dans la marche ordinaire, le corps exécute des oscillations verticales brusques et assez hautes, tandis que, dans la marche en flexion, ces oscillations sont lentes et peu élevées. Or, il est dé-

Fig. 2.



Marche en flexion.

montré que les oscillations verticales du corps constituent la principale cause de dépense de travail dans la marche ordinaire; il est donc naturel d'attribuer à la diminution de ces oscillations la moindre fatigue observée dans le second genre de marche.

» Si l'on cherche, sur les épures, la cause de la différence d'amplitude des oscillations verticales, on voit qu'elle réside tout entière dans la façon dont le genou se fléchit ou se redresse aux différentes phases de l'appui du pied.

» Considérons le cas idéal où la jambe serait toujours rigide et de longueur constante comme le serait une jambe de bois; à chaque appui du pied, la hanche, en progressant, décrira autour du pied qui pose sur le sol un arc de cercle ayant pour rayon la longueur du membre. La hanche, en soulevant le corps tout entier, le forcera à décrire une oscillation ascendante, puis descendante. Avec une jambe flexible, au contraire, on conçoit que la hanche puisse se mouvoir suivant une droite parallèle à

la surface du sol. Il faudra pour cela que la jambe diminue de longueur pendant la première moitié de son appui pour supprimer l'oscillation ascendante tandis que, dans la seconde moitié de l'appui, la jambe devra s'allonger pour supprimer l'oscillation descendante.

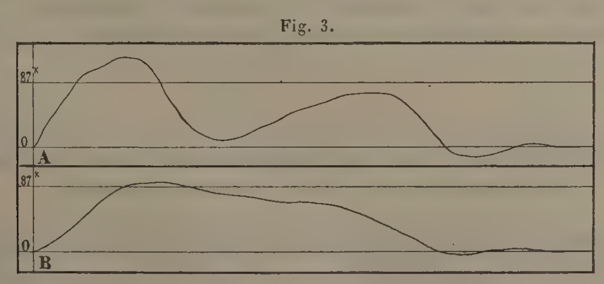
» C'est un effet analogue qui tend à se produire dans la marche en flexion. La comparaison des figures montre que dans la marche ordinaire, au début de l'appui, la jambe se redresse, accroissant la longueur du rayon et par conséquent l'oscillation ascendante, tandis que dans la marche en flexion le genou, pliant de plus en plus, raccourcit le rayon et éteint cette oscillation ascendante.

» Dans la seconde moitié de l'appui, le genou, dans la marche ordinaire, reste étendu, ce qui produit, pour la hanche et pour le corps, l'oscillation descendante. Dans la marche en flexion, le genou, qui était plié jusque-là, s'étend au contraire et empêche la hanche et avec elle le corps tout entier de descendre. Sur l'exemple représenté *fig*. 2, l'extension de la jambe excède même ce qui était nécessaire pour empêcher le corps de descendre; elle le soulève même un peu, produisant une légère ascension qu'il serait assurément utile de suprimer pour atteindre la perfection idéale.

» Notons que l'amplitude des oscillations verticales du corps croît avec l'étendue du pas et que, par conséquent, dans la marche en flexion, où le pas est d'un quart plus long que dans la marche ordinaire, on aurait des oscillations verticales très fortes si les mouvements du genou n'en atténuaient pas les effets.

» Enfin comme les variations de la pression des pieds sur le sol donne

Fig. 3.



Pression du pied sur le sol dans : A, marche ordinaire; B, marche en flexion.

la mesure des chocs qui se produisent au début des appuis du pied et celle des efforts musculaires appliqués à propulser le corps à la fin de ces mêmes appuis, nous avons recouru à la Dynamographie pour avoir la

mesure de ces pressions. Nous avons trouvé, pour la marche ordinaire, des pressions très énergiques et brusques au début et à la fin des appuis ; tandis que, dans la marche en flexion, la pression croît et décroît d'une façon graduelle et que son maximum ne dépasse que de très peu la valeur du poids du corps.

» Toutes ces mesures concordent donc pour assigner à la marche en flexion une supériorité sur la marche ordinaire, surtout pour les hommes lourds ou chargés de fardeaux.

» Entre les deux genres de course existent des différences analogues, surtout si l'on compare la course ordinaire de fond à la course en flexion ; car, dans la course de vitesse, l'homme est amené instinctivement à réduire le plus possible le travail inutile et il y arrive en augmentant la flexion des articulations du membre inférieur et en penchant le corps en avant.

» Ce mécanisme dela marche et de la course en flexion est conforme à la théorie générale de progression de tout animal ou de tout véhicule sur le sol. De même qu'il est reconnu qu'un cheval est d'autant plus rapide qu'il a plus de souplesse dans les membres, de même c'est un principe fondamental de Mécanique, qu'un véhicule peut acquérir une vitesse d'autant plus grande que l'on diminue davantage ses vibrations. Cette théorie trouve son application dans l'emploi, pour la bicyclette, des bandages pneumatiques sans lesquels on n'aurait jamais pu atteindre les vitesses que l'on connaît.

» Or, bien que l'on marche depuis des siècles, l'homme s'est habitué à cette démarche fière et raide qu'il trouve sans doute seule digne de sa grandeur, mais qui a permis à Maissiat de le comparer, à juste titre, à une voiture dont les roues dépourvues de jantes avanceraient en passant de rayon en rayon. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une application nouvelle de la photographie et du phénakisticope;* par M. **Georges Guéroult**.

M. G. **Guéroult** demande l'ouverture d'un pli cacheté, déposé par lui le 11 juin 1889. Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient la Note suivante.

« La Photographie instantanée a permis d'opérer, pour ainsi dire, l'*analyse* des mouvements rapides, et de nous révéler ainsi, dans ces mouvements, des phases qui, en raison de l'imperfection des organes visuels,

nous avaient toujours échappé (Études de Muybridge sur le galop du cheval, de Marey sur la course, le saut, le vol, etc.). Mais, à ma connaissance, personne ne s'est occupé du problème inverse, je veux dire de la *synthèse* des différentes phases d'un mouvement trop lent pour être sensible à notre vue.

» Prenons, par exemple, la croissance d'une plante, d'un enfant, des cheveux, de la barbe; à de certains moments assez espacés, nous constatons bien un accroissement notable, mais nous ne nous faisons aucune idée de l'*allure* du phénomène dans l'intervalle de ces moments. Il me paraît évident que, si notre vue était assez subtile pour nous permettre de *voir* l'herbe pousser, nous serions en mesure de découvrir des particularités qui aujourd'hui nous échappent. Nous aurions peut-être même ainsi l'intuition de lois encore ignorées, comme celle que peut fournir la courbe qui réunit un certain nombre de points représentatifs d'un phénomène.

» Je suppose que, à des intervalles de temps déterminés, on prenne la photographie d'un haricot ou d'un rosier, pendant une certaine période de la vie de la plante. Si l'on dispose les photographies ainsi obtenues sur le cylindre d'un phénakisticope, soit circulairement, soit suivant une hélice convenablement choisie, et qu'on fasse tourner le cylindre avec une vitesse suffisante, on *verra* la croissance de la plante s'opérer graduellement. En prenant les photographies à des intervalles de plus en plus rapprochés, on aura une *image*, de plus en plus précise, du mouvement de croissance, de sa rapidité, de la concomitance ou de l'alternance de l'accroissement de certaines parties, etc.

» Sans doute, en altérant dans une proportion déterminée l'une des variables indépendantes, le temps, on modifie la *forme* du mouvement, mais, par analogie avec les courbes et les surfaces de la Géométrie analytique, il est permis d'espérer qu'on n'en altère pas la nature et la loi. En tout cas, on connaît exactement le *quantum* de la déformation produite; il est donc possible d'en tenir compte dans les raisonnements et les déductions.

» On sait que, dans le phonographe, en donnant au cylindre une rotation plus ou moins rapide, on peut à volonté mettre la même phrase dans la bouche d'un soprano suraigu ou d'une basse profonde. Avec l'instrument dont j'ai indiqué le principe dans une Communication précédente et qu'on pourrait appeler le *photocinégraphe*, en changeant à volonté la durée de la rotation du cylindre du phénakisticope, il serait possible de donner à un

mouvement lent les apparences d'un mouvement rapide et inversement [1]. »

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Applications à la tachymétrie et à l'ophtalmologie d'un mode de production, jusqu'ici inexpliqué, de la couleur.* Note de M. **Charles Henry**, présentée par M. Sarrau.

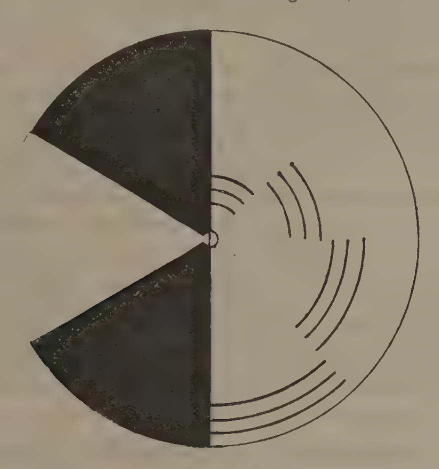
« M. Charles Benham a publié, en novembre 1894, un disque dont une moitié est noire et dont l'autre, blanche, présente quatre groupes de trois arcs de cercle concentriques de 45°, dont les rayons décroissent de la périphérie au centre du disque, pour un observateur qui les voit à sa gauche. Si l'on place au centre de ce disque un petit axe de rotation et si l'on fait tourner le toton dans le sens des aiguilles d'une montre (sens que j'appellerai *direct*, appelant *rétrograde* le sens inverse), les quatre groupes d'arcs concentriques présentent, pour une certaine vitesse très petite, l'aspect de cercles colorés de teintes intenses qui sont, pour la grande majorité des sujets, de la périphérie au centre : rouge, jaune, vert, bleu. Si l'on fait tourner le toton dans le sens rétrograde, la situation des couleurs se renverse et les teintes, toujours de la périphérie au centre, sont respectivement le bleu, le vert, le jaune, le rouge. Ces apparences, jusqu'ici inexpliquées, ne sont pas sensibles pour tous les yeux sans exception; elles subsistent à un éclairage monochromatique ou à travers des verres colorés; nous sommes donc en présence d'excitations rétiniennes particulières, indépendantes de la longueur d'onde, et dont il s'agit de restituer le mécanisme.

» Si l'on dispose deux disques, mi-blancs, mi-noirs, suivant un axe de symétrie passant par leurs centres, le blanc de l'un se trouvant du même côté de l'axe que le noir de l'autre, et réciproquement; si l'on trace sur chacun des demi-disques blancs des groupes d'arcs de cercle symétriques, on obtient un nouveau toton que j'appelle B,

---

[1] Une autre expérience, d'un caractère assez nouveau, pourrait être faite avec les photographies de la plante ou de l'animal, dont on aurait étudié la croissance. Si l'on tournait en sens inverse le cylindre de ce photocinégraphe, on verrait se produire en sens inverse les phénomènes de la croissance : on verrait les fleurs se fermer, redevenir boutons, puis bourgeons, puis disparaître; on verrait la tige se rapetisser et finir par rentrer sous terre. Bref, on pourrait, avec le *photocinégraphe*, se donner la satisfaction jusqu'ici inconnue de voir *rajeunir* les choses, ou du moins leur image.

l'autre, que j'appelle A, étant le toton de Charles Benham ; si l'on fait tourner B dans le même sens que A, la situation des couleurs se renverse pour B, c'est-à-dire que B présente du bleu à la périphérie quand A donne du rouge et réciproquement. *Si* A *tourne dans le sens direct et* B *dans le sens rétrograde, ou si* A *tourne dans le sens*



rétrograde et B *dans le sens direct, la situation des couleurs est la même dans les deux disques.*

» Il nous faut faire ici la généralisation d'une expérience courante : quand l'œil plongé dans la nuit rencontre dans le champ visuel un objet lumineux, il se déplace dans la direction de l'objet afin d'en faire coïncider l'image avec la *fovea;* il se dirige en fait toujours du noir au noir relatif et de ce noir relatif au blanc ; d'autre part, c'est à la périphérie du disque qui correspond au maximum d'amplitude des mouvements qu'un œil doué de muscles reposés portera de préférence sa *fovea.* Si nous appliquons ces lois au cas actuel, l'œil parcourra les arcs concentriques du toton (noir relatif pendant la rotation lente) dans un sens particulier que j'appellerai *sens normal du mouvement oculaire* et qui procède, à travers les arcs concentriques extérieurs, du demi-disque noir (noir absolu) au demi-disque blanc. Cette déduction permet de poser la loi précédente sous cette forme plus intéressante : *Quand les disques A et B tournent dans un sens contraire au sens normal du mouvement oculaire, on voit rouge à la périphérie, bleu au centre; quand les sens sont conformes, on voit bleu à la périphérie, rouge au centre.*

» Mais on sait que l'œil tend toujours à suivre les déplacements d'un corps dont le mouvement n'est pas trop rapide ; il tendra donc à suivre la rotation du disque (c'est toujours à la périphérie du disque, où la vitesse linéaire est maximum, qu'un œil doué de muscles reposés et tendant à l'action portera de préférence sa *fovea*) ; mais, en même temps, dans le cas où le sens du mouvement oculaire et le sens de rotation du disque sont contraires, cet œil est sollicité dans une direction contraire. Si les deux forces sont égales, il restera fixe : l'image de l'arc concentrique le plus périphérique se peindra

sur la *fovea*. Au contraire, dans le cas où il y a concordance entre le sens du mouvement oculaire et le sens de rotation du disque, l'œil se déplacera; il décrira des cercles concentriques, de rayons décroissants jusqu'au centre de rotation; s'il fixe un point, il ne pourra fixer que le centre du disque où le déplacement est insensible; donc, dans ce cas, c'est l'arc le plus central qui excitera la *fovea* et c'est l'arc le plus périphérique qui excitera la périphérie rétinienne.

» Or, nous savons qu'en général la *fovea*, relativement aveugle pour le bleu, peu sensible pour le vert, est très sensible au rouge; au contraire, la périphérie rétinienne, relativement aveugle pour le vert et pour le rouge, n'est sensible qu'au bleu : donc, *dans le cas de contradiction entre le sens du mouvement oculaire et le sens de rotation du disque, quand la fovea fixe la périphérie des disques et qu'elle reçoit une excitation quelconque, l'impression consécutive pendant le passage du demi-disque noir ne peut être que rouge; de même, quand la périphérie de la rétine reçoit l'image du centre des disques, l'image consécutive ne peut être que bleue.* Dans le cas de conformité entre les sens du mouvement oculaire et du mouvement du disque, les apparences colorées s'expliquent évidemment de même. Les zones moyennes de la rétine, les plus sensibles au jaune et au vert, donneront une image consécutive verte ou jaune, chaque fois que les éléments sensibles au jaune et au vert auront été excités en majorité. On comprend très bien pourquoi une faible vitesse et le demi-disque noir sont indispensables.

» Comme la vitesse *optima*, pour l'apparition des teintes, est constante pour chaque sujet et indépendante dans une très large mesure de la grandeur de l'image rétinienne et de l'éclairage, je fonde sur la connaissance de cette vitesse un indicateur, construit par M. Ph. Pellin, que je place à la base d'un cône multiplicateur ou réducteur de la vitesse inconnue dans un rapport facile à connaître. Au point de vue physiologique, le toton, construit également par M. Ph. Pellin, en zinc, avec pivot très lourd frottant sur plaque de verre, permet de diagnostiquer les différences motrices des différents yeux et peut-être aussi les différences de sensibilité des *fovea*. Pour rendre plus commode la mesure de la vitesse, en vue des études physiologiques, j'échancre dans le demi-disque noir un secteur blanc de 60°: je compte ainsi très facilement, avec un chronomètre à pointage de Redier, le nombre de tours à la seconde (2 en moyenne environ) nécessaire à ces belles manifestations chromatiques. »

PHYSIOLOGIE. — *Irradiation ondulatoire de l'impression lumineuse.* Note de M. **Aug. Charpentier**, présentée par M. d'Arsonval.

« En dehors de la forme radiée si particulière, suivant laquelle la réaction négative s'étend aux parties rétiniennes voisines du point excité, j'ai

à signaler aujourd'hui un nouveau phénomène non moins intéressant, qui nous montre un second mode de propagation de l'impression lumineuse tout à fait distinct du précédent, bien que *coexistant avec lui;* pour l'en distinguer, on peut l'appeler, en s'appuyant sur les faits suivants, propagation par *irradiation ondulatoire*.

» Les faits dont il s'agit sont d'une observation particulièrement délicate, car ils sont masqués par la diffusion lumineuse, ou par le phénomène complexe qu'on appelle trop vaguement *irradiation*. Malgré cela, ils sont des plus nets.

» Une image lumineuse suffisamment intense est ordinairement entourée d'une zone de lumière diffuse plus ou moins étendue. Plusieurs facteurs concourent à la produire : 1° l'imperfection de l'adaptation optique de l'œil ou de l'accommodation ; 2° l'aberration sphérique qui existe dans tout œil même bien adapté, et qui varie suivant la grandeur de la pupille; 3° la réflexion multiple sur les surfaces de contact des divers milieux réfringents et sur les parties non homogènes d'un même milieu (cristallin), ainsi que l'éclairement des petites particules flottant dans ces milieux (mouches volantes, etc.); 4° la transmission bien réelle de l'impression lumineuse aux parties environnantes de la rétine, entrevue par Plateau, mise en relief par Hering sous le nom d'*induction lumineuse*, et démontrée par mes expériences décisives (*Comptes rendus*, 26 avril 1886).

» Faire la part de ces différents facteurs n'est pas chose aisée. Par une adaptation optique rigoureuse, par l'emploi de diaphragmes, par le choix d'un éclairage convenable, on arrive à réduire à un minimum l'intervention des trois facteurs physiques. On peut alors assister, dans les conditions de nos expériences, à la genèse du quatrième mode de diffusion de la lumière sur la rétine.

» Mes observations ont été faites, comme les précédentes, sur des objets lumineux en mouvement; je ne puis qu'indiquer rapidement l'ensemble des résultats d'expériences très variées.

» Si l'on contemple, sur un long disque noir, un petit objet bien lumineux en rotation d'abord lente, la tache diffuse qui l'entoure se déplace avec lui, *mais elle change de forme :* de circulaire qu'elle était sensiblement, elle commence par devenir elliptique, et l'objet semble la traîner derrière lui; la vitesse augmentant, l'ellipse s'allonge et se déforme; sa queue devient indistincte, puis s'efface; sa tête présente plus de clarté et se change finalement en une double traînée lumineuse formant une sorte d'angle (à côtés un peu courbés) dont le sommet, dirigé dans le sens du

mouvement, est occupé par l'objet lumineux ; celui-ci, avec les deux zones qu'il entraîne, ressemble à une tête de flèche. La flèche devient plus aiguë à mesure que le mouvement est plus rapide ; ses deux branches, d'abord diffuses, se précisent de plus en plus nettement, leurs bords sont mieux limités ; elles s'allongent et se rapprochent de la trace lumineuse circulaire laissée par le passage de l'objet ; pour une vitesse assez grande, elles sont tellement allongées et rapprochées de la trace de l'objet, qu'elles semblent la border au-dessus et au-dessous d'un double ourlet presque parallèle, facile à prendre pour une image de diffusion ; enfin, les deux traînées, se rapprochant et s'amincissant encore, finissent par rentrer dans l'objet et par se confondre avec lui.

» Ces différents aspects dépendent d'une condition capitale, presque unique, la vitesse de déplacement de l'objet *sur la rétine*. Cette vitesse est réglée par la distance de l'œil, par le rayon du cercle que décrit l'objet, par la vitesse de la rotation. Dans des conditions déterminées favorables à l'observation, l'aspect est celui d'une série de palmes distribuées régulièrement des deux côtés d'une branche plus ou moins courbée. En effet, chose curieuse, les traînées lumineuses divergentes *sont multiples*, on peut en voir en même temps 2, 3, jusqu'à 7 ou 8, plus ou moins suivant la vitesse.

» Il s'agit donc ici d'une diffusion rythmique de l'impression lumineuse. Par des artifices expérimentaux que je décrirai ailleurs, on peut déterminer la fréquence de ces émissions de traînées lumineuses. Il faut, pour cela, mesurer, d'une part, la vitesse de leur propagation, d'autre part, l'intervalle de deux traînées successives. Ce dernier s'observe directement ; quant à la vitesse de propagation, elle se déduit de la connaissance de la vitesse de déplacement de l'objet sur la rétine et de la valeur de l'angle formé par les deux séries de traînées lumineuses.

» La fréquence moyenne des émissions, ainsi calculée, est *approximativement* de 34 par seconde. Chose remarquable, ce rythme n'est autre que celui des oscillations rétiniennes déjà connues.

» La vitesse de propagation est ici bien inférieure à celle de la bande noire radiée : elle est en moyenne de $1^{mm},7$ environ sur la rétine. Il en résulte une longueur d'onde de $0^{mm},05$ seulement.

» Autre différence capitale, la propagation n'est plus polarisée dans la direction de la tache jaune : elle est homogène et indépendante de la position du regard.

» L'ondulation semble toujours se propager perpendiculairement à la

direction du mouvement de l'objet. Mais c'est là une apparence due à la grande vitesse de cet objet par rapport à la propagation de l'impression; l'analyse de ce qui se passe à des vitesses faibles montre que la propagation se fait en réalité dans toutes les directions. Aussi retrouvera-t-on (quoique plus difficilement) le phénomène en observant des excitations lumineuses fixes de courte durée.

» Dernier caractère important : les traînées lumineuses en question, pour un éclairage assez intense, sont vues colorées dans l'ordre du spectre. Mais c'est là un point spécial dont la portée est assez grande pour le traiter à part.

» En somme, j'ai démontré sous une nouvelle forme la réalité d'une irradiation purement rétinienne de l'impression lumineuse; cette irradiation se fait de proche en proche tant que dure l'image persistante; elle a le caractère ondulatoire, et son rythme est celui que nous avons déjà reconnu aux oscillations propres de la rétine. »

PHYSIOLOGIE. — *Assimilation et activité.* Note de M. **Paul Vuillemin**, présentée par M. Edmond Perrier.

« On admet universellement que les manifestations de la vie exigent la combinaison de deux ordres de phénomènes : l'assimilation et la désassimilation, ou, comme dit Claude Bernard, la création et la destruction organiques. Par ces expressions métaphoriques, l'illustre physiologiste entendait, d'une part, la production de nouvelle substance vivante aux dépens de matériaux inertes, d'autre part le retour au monde inerte de substance et d'énergie ayant appartenu au domaine de la matière vivante. L'activité fonctionnelle serait une simple forme de ces dépenses.

» M. Le Dantec (*Comptes rendus*, 16 décembre 1895) croit cette antithèse démentie par l'étude des êtres unicellulaires, qui montre le fonctionnement *concomitant* de l'assimilation, puisque l'organisme grandit et se multiplie quand il fonctionne. Il renverse la proposition de Claude Bernard en disant : « Les phénomènes d'assimilation, de création vitale, correspondent aux phénomènes fonctionnels de l'organisme ». A la destruction fonctionnelle il oppose l'*assimilation fonctionnelle*.

» De ce que deux phénomènes sont concomitants et même corrélatifs, il ne résulte pas que l'analyse doive s'interdire de les considérer comme distincts et de les opposer l'un à l'autre. L'assimilation, nous dit l'auteur,

est l'augmentation en quantité de tous les éléments du plastide. J'accepte cette définition et j'en précise les termes : augmentation ne veut pas dire juxtaposition de matériaux inertes, prenant la forme et les propriétés de l'élément vivant par simple action de contact. Pour s'annexer les produits assimilables, l'élément vivant doit se transformer avec eux, se les approprier tels qu'ils lui arrivent, les introduire dans le cycle de ses transformations chimiques. Les réactions chimiques complexes dont le protoplasma en voie d'assimilation est l'objet ont un double résultat : d'une part, la reconstitution des propriétés chimiques relativement définies de la vie élémentaire latente, la transsubstantiation complète des produits assimilables, la création d'une plus grande masse de matière vivante, en un mot, l'assimilation ; d'autre part, le rejet d'une certaine quantité de substance et d'énergie qui ont fait partie, transitoirement du moins, de la substance vivante. Cette dépense se traduit au dehors par le mouvement, l'excrétion, l'activité fonctionnelle en un mot. Il n'est pas prouvé que les produits antérieurement assimilés ne contribuent pas à cette dépense de substance et d'énergie aussi bien que les produits en voie d'assimilation. Mais il est certain que ces derniers eux-mêmes ont appartenu aux éléments constitutifs du plastide, à moins que l'on n'attribue à ceux-ci une simple action catalytique. Les substances qui, après avoir été associées à l'activité chimique du protoplasma, font retour au milieu cosmique, représentent les produits de la destruction organique, de la désassimilation.

» Claude Bernard a constaté l'opposition et l'irréductibilité de ces deux phénomènes. Il ne s'est point prononcé sur leur séparation dans le temps et dans l'espace. Il ne prétend nulle part qu'un plastide ou un plastidule soit détruit quand l'organisme fait la dépense d'un acte quelconque. Il dit seulement que l'organisation et la désorganisation sont deux ordres d'actes nécessaires et inséparables.

» M. Le Dantec circonscrit le problème, en montrant que la *recette assimilatrice* et la *dépense fonctionnelle* se combinent dans un temps limité à la durée de l'assimilation, dans un espace réduit à l'étendue de l'élément assimilateur. On peut considérer comme très probable que les deux phénomènes sont simultanés, que l'un est la contre-partie de l'autre. Mais, tant que l'analyse n'aura pas saisi les déplacements successifs de la substance et de l'énergie pendant que l'assimilation s'accomplit, la solution restera dans le domaine de la métaphysique. »

ZOOLOGIE. — *Sur une épidémie de pneumonie vermineuse du Lièvre, causée par le* Strongylus retortæformis, Zeder. Note de M. E. **Yung**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« Pendant l'hiver 1894-95, une épidémie meurtrière a frappé les lièvres d'une chasse gardée, dans le domaine de Ripaille près de Thonon (Haute-Savoie), où, deux ans auparavant, des individus de cette espèce avaient été importés de la Bohême. Leurs cadavres furent ramassés, par centaines, à la surface du sol, dans le voisinage des habitations, dont les malades se rapprochaient avant de mourir. D'après les renseignements qui m'ont été obligeamment communiqués par M. Roeslin, régisseur du domaine, les lièvres atteints du mal paraissaient avoir de la peine à respirer et donnaient tous les signes de l'asphyxie.

» A l'autopsie, les cadavres, d'une extrême maigreur, avaient tous les organes normaux, à l'exception des poumons, porteurs des caractères pathologiques de la pneumonie vermineuse, et dont la trachée et les bronches étaient obstruées par des légions de petits Nématodes du genre *Strongylus*, dont voici la diagnose :

» Longueur du mâle, 5^{mm} à 7^{mm}. Longueur de la femelle, 8^{mm} à 10^{mm}. Corps capillaire, gris ou jaunâtre. Extrémité antérieure effilée, bouche très petite, souvent imperceptible, dépourvue de papilles et de toute armature. Orifice de la vulve situé à 2^{mm} au devant de l'anus; utérus épais, fortement musclé et souvent évaginé, entraînant au dehors l'extrémité des deux oviductes. Extrémité postérieure du mâle en forme de cloche globuleuse, formée de deux replis lamelleux soutenus par six côtes latérales paires et une côte postérieure impaire, précédée de deux spicules cornés bruns et tordus. Extrémité postérieure de la femelle conique et pointue. Cuticule striée transversalement.

» La pneumonie vermineuse du lièvre est unanimement attribuée par les auteurs au *Str. commutatus,* le seul Strongle cité par Linstow dans son *Compendium,* comme pouvant se trouver dans les bronches de *Lepus timidus*. Cette espèce diffère, par sa longueur et plusieurs autres caractères, de celle que je signale dans cette Note.

» D'autre part, plusieurs helminthologistes, Zeder, Rudolphi, Diesing, Dujardin et, plus récemment, M. Railliet, rapportent au *Strongylus retortæformis* de Zeder, un petit ver qui habite l'intestin grêle du lièvre et du

lapin de garenne, dont il peut causer la mort par anémie pernicieuse. L'identité de cette espèce avec la mienne me paraît indubitable, mais c'est la première fois, me semble-t-il, qu'elle est mentionnée dans les bronches. J'ajouterai que l'examen attentif de l'intestin de trois des lièvres morts à Ripaille ne m'y a révélé l'existence d'aucun nématode; l'hypothèse d'une invasion des voies respiratoires par des vers préexistants dans le canal digestif me paraît donc, dans le cas présent, devoir être écartée. J'estime approximativement à 30000 le nombre des individus de *Strongylus retortæformis* recueillis par moi dans un seul poumon des lièvres autopsiés. Cette abondance d'individus m'a permis de reprendre l'étude anatomique de cette espèce, négligée jusqu'ici à cause de son extrême petitesse; elle fera l'objet d'une publication ultérieure.

» Durant le cours du présent hiver, j'ai retrouvé le *Str. retortæformis* dans les poumons d'un lièvre tué d'un coup de feu à Ripaille; il s'y trouvait en petit nombre d'individus (quelques douzaines) et ne paraît pas causer de dommages. L'habitabilité des bronches par le *Str. retortæformis* est donc bien établie; ce parasite ne devra plus être considéré comme exclusivement intestinal. »

ZOOLOGIE. — *L'appareil lacunaire et les absorbants intestinaux chez les Étoiles de mer.* Note de M. L. **Cuénot**, présentée par M. Edmond Perrier.

« On sait que chez les Échinodermes (Échinides, Crinoïdes, Holothurides), il existe un système de lacunes qui joue un rôle important dans l'absorption intestinale et la nutrition des organes. Les lacunes absorbantes qui partent de la région digestive de l'intestin se réunissent d'une manière très variable pour se jeter généralement dans un anneau lacunaire péribuccal; de cet anneau ou des troncs absorbants eux-mêmes partent d'autres lacunes, qui vont porter le liquide nourricier aux organes génitaux, aux rubans nerveux; aux ambulacres, à des glandes, etc. Il n'y a pas d'organe d'impulsion annexé à cet appareil; le contenu des lacunes, très riche en albuminoïdes, se déplace lentement sous le double effet de la poussée intestinale et de la dépense faite aux extrémités.

» Chez les Ophiures et les Astéries, bien qu'il y ait, comme dans les ordres précédents, un anneau oral, des lacunes ambulacraires et génitales,

on n'a pu réussir pendant longtemps à trouver les absorbants intestinaux, et l'on a pu croire à leur absence. Récemment, Russo ([1]), confirmant une observation oubliée d'Hamann, les a décrits chez les Ophiures : cinq lacunes efférentes sortent de la paroi stomacale et se jettent dans l'anneau lacunaire aboral (*Ophiothrix, Ophioglypha*). Il devenait tout à fait probable que les Astéries devaient avoir aussi des absorbants intestinaux : j'ai réussi à les découvrir chez *Asterias rubens* L. et *Asterina gibbosa* Penn., étudiés par la méthode des coupes en série.

» Les cœcums radiaux, poches très plissées où se fait l'absorption intestinale, portent chacun deux grosses lacunes efférentes, courant sur toute leur longueur, en dedans des mésentères qui attachent les cœcums à la paroi dorsale des bras. Lorsque les cœcums se jettent dans le sac stomacal, les deux paires de lacunes du même bras se réunissent en formant un court réseau irrégulier; les cinq réseaux sont reliés par une grosse lacune, qui dessine un pentagone en faisant le tour du sac stomacal; les sommets correspondent aux points où se jettent les cinq réseaux radiaux.

» Reste à voir comment ce système absorbant entre en relation avec les lacunes de distribution. On sait que la glande ovoïde, vers son extrémité aborale, émet deux prolongements d'aspect glandulaire, qui s'étalent dans le cœlome et se portent vers le sac stomacal. Depuis Tiedemann, ces prolongements ont été signalés par tous les auteurs, et la plupart d'entre eux (Tiedemann, Greeff, Hoffmann, Ludwig, Hamann, Chadwick, Russo) les ont considérés comme des vaisseaux ou lacunes venant du tube digestif. Cette manière de voir est tout à fait exacte.

» En effet, dans l'interradius madréporique, les deux prolongements cœlomiques se continuent directement avec le pentagone stomacal; le liquide nourricier parvient ainsi dans la glande ovoïde, filtre entre ses cellules et passe, d'une part dans l'anneau lacunaire aboral qui aboutit aux organes génitaux, d'autre part dans l'anneau lacunaire oral qui donne des branches radiales et ambulacraires.

» Les lacunes longitudinales des cœcums et le pentagone stomacal sont de larges canaux, à paroi mince, qui sur les coupes renferment un coagulum albumineux et des globules sanguins. Les prolongements cœlomiques de la glande ovoïde, au contraire, ont la même structure que cette dernière;

([1]) Russo, *Sulla connessione dello stomaco ed il circolo delle lacune sanguigne aborali nelle Ophiothrichidæ* (*Zool. Anzeiger*, XVI, p. 76; février 1893).

ils sont cloisonnés par un réseau conjonctif dont les mailles sont bourrées de nombreuses cellules.

» Il est probable que les cœcums radiaux, comme l'intestin digestif des Oursins et des Holothuries, sont recouverts de fines lacunes qui se jettent dans les gros troncs longitudinaux; les injections les mettront sans doute en évidence, mais je n'ai pu en faire sur mes échantillons conservés ([1]). »

M. V. Ducla adresse une Note ayant pour objet de démontrer que le produit du volume moléculaire de la plupart des corps simples solides, par leur coefficient de dilatation cubique et par leur température absolue de fusion, est égal à l'unité.

La séance est levée à 4 heures un quart. J. B.

ERRATA.

(Séance du 20 janvier 1896.)

Note de M. *Swyngedauw*, Différence d'action de la lumière ultra-violette sur les potentiels explosifs statique et dynamique :

Page 132, ligne 5, *au lieu de* 50, *lisez* 58.

(Séance du 10 février 1896.)

Note de M. *R. Dongier*, Méthode de mesure de la biréfringence en lumière monochromatique :

Page 308, ligne 31, *au lieu de* 9,1108 *lisez* $9,1108 \times 10^{-3}$.
Page 309, ligne 13, *au lieu de* sens, *lisez* cas.

([1]) Travail du laboratoire de Zoologie de la Faculté des Sciences de Nancy.